

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Henri MARCHAND

Licencié ès Sciences,
Diplômé d'Études supérieures de Sciences naturelles,
Ancien préparateur de physiologie à la Faculté des sciences
de l'Université de Lyon,
Médecin auxiliaire de la Marine.

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES SUR LA MOULE COMESTIBLE DE PROVENCE (*MYTILUS GALLO-PROVINCIALIS* L.)
ET SUR LA MYTILICULTURE EN MÉDITERRANÉE.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 18 Juillet 1916, devant la Commission d'examen

MM. R. DUBOIS . . .	Président.
J. RAY.	} Examinateurs.
A. RICHE.	

LYON

A. REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR DE L'UNIVERSITÉ

4, RUE GENTIL, 4

—
1916



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554415_0100

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Henri MARCHAND

Licencié ès Sciences,
Diplômé d'Études supérieures de Sciences naturelles,
Ancien préparateur de physiologie à la Faculté des sciences
de l'Université de Lyon,
Médecin auxiliaire de la Marine.

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES SUR LA MOULE COMESTIBLE DE PROVENCE (*MYTILUS GALLO-PROVINCIALIS* L.)
ET SUR LA MYTILICULTURE EN MÉDITERRANÉE.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 18 Juillet 1916, devant la Commission d'examen

MM. R. DUBOIS . . . *Président.*

J. RAY . . .

A. RICHE . . . *Examineurs*

LYON

A. REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR DE L'UNIVERSITÉ

4, RUE GENTIL, 4

1916



UNIVERSITÉ DE LYON. — FACULTÉ DES SCIENCES

Doyen

M. DEPÉRET, *, I. , †.
Membre de l'Institut.

Assesseur

M. VIGNON, *, I. .

Professeur honoraire

M. VESSIOT, I. .

Professeurs

MM. BARBIER, O. *, I. . *Chimie générale.*
Correspondant de l'Institut.

GOUY, *, I. . *Physique.*
Membre de l'Institut.

GÉRARD, *, I. , . *Botanique.*

DUBOIS, *, I. , , G. O. †, O. †. *Physiologie générale et comparée.*

DEPÉRET, *, I. , †. *Géologie.*
Membre de l'Institut.

KOEHLER, *, I. . *Zoologie.*

OFFRET, I. . *Minéralogie théorique et appliquée.*

VIGNON, *, I. . *Chimie appliquée à l'industrie et à l'agriculture.*

X. *Mathématiques appliquées.*

DULAC, I. . *Mathématiques pures.*

LE VAVASSEUR, I. . *Calcul différentiel et intégral.*

MASCART, I. . *Astronomie approfondie.*

Professeurs adjoints

MM. VAUTIER, I. . *Physique.*

RIGOLLOT, I. . *Physique industrielle.*

COUTURIER, I. . *Chimie appliquée.*

VANEY, I. . *Zoologie.*

Professeur adjoint honoraire

M. AUTONNE, *, I. , Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées,
à Châteauroux.

Chargés de cours complémentaires et Maîtres de conférences

MM. RICHE, I. . *Géologie.*

COUVREUR, I. . *Physiologie.*

RAY, I. . *Botanique.*

THOVERT, I. . *Physique.*

LOCQUIN, A. . *Chimie générale.*

X. *Astronomie.*

MEUNIER, I. . *Technologie des industries chimiques.*

ROMAN, I. . *Géologie et minéralogie agricoles.*

CHIFFLOT, I. . *Géographie botanique.*

WIERNISBERGER, A. . *Mathématiques générales.*

MAYET, I. . *Anthropologie.*

GUILLIERMOND, A. . *Botanique agricole.*

PELOSSE. *Sériciculture.*

Secrétaire

M. BAYLE, I. .

AVANT-PROPOS

Nous devons l'idée première de cette thèse à M. le Dr Raphaël DUBOIS, professeur de physiologie générale et comparée à l'Université de Lyon et Directeur-fondateur du laboratoire maritime de biologie de Tamaris-sur-mer. Nous ne saurions trop le remercier de nous avoir orienté vers la partie technique de la biologie marine, si féconde en enseignements de toutes sortes, si captivante, si importante au point de vue de la richesse nationale et pourtant restée si peu en honneur dans nos laboratoires français. Pourtant c'est bien réellement dans ces derniers que la thalassiculture, et en particulier l'ostréiculture, a été créée, grâce aux courageux et persévérants efforts de l'embryologiste Coste. Pour notre relèvement économique, il faudrait lui donner une nouvelle et puissante impulsion, comme l'a si bien montré notre savant maître dans une récente conférence à Paris¹.

Nous le prions d'agréer, d'autre part, l'expression de notre bien vive gratitude pour les conseils et les encou-

¹ V. Conférence faite à l'Association française pour l'Avancement des sciences, le 9 avril 1916, sur : *les Essais français de cultures marines en Méditerranée; leur avenir après la guerre* (voir *Comptes rendus A. F. A. S.*, 1916).

ragements qu'il nous a affectueusement prodigués pendant les deux années où nous avons eu l'honneur d'être à Tamaris le préparateur de celui qui fut le préparateur de Paul Bert. Nous sommes heureux de placer en tête de notre travail le nom de ce maître éminent.

A l'Association française pour l'avancement des Sciences qui a bien voulu nous fournir les moyens matériels de mener à bien nos recherches en nous honorant d'une subvention de 700 francs; au Conseil de l'Université de Lyon qui nous a fait titulaire du legs Falcoux pour 1914, et permis ainsi de venir en Tunisie participer au VI^e Congrès national des pêches maritimes pour fixer quelques points de détail indispensables à notre thèse, nous tenons à exprimer également toute notre gratitude.

Nous ne saurions oublier notre autre maître, M. E. COUVREUR, chargé d'un cours complémentaire de physiologie, et notre excellent ami Hugues CLÉMENT, préparateur de physiologie à l'Université de Lyon, dont l'obligeance à toute épreuve a souvent facilité notre tâche.

M. VAYSSIÈRE, professeur de zoologie à l'Université de Marseille et directeur du Museum, a bien voulu faire pour nous des déterminations, ainsi que MM. CHIFFLOT, chargé d'un cours complémentaire, et MAZERAN, préparateur à la Faculté des Sciences. M. RICHARD, directeur de l'Institut océanographique de Monaco, et aussi M. RANG, préparateur à la Sorbonne, nous ont initié à des méthodes techniques spéciales et honoré de leurs conseils; qu'il nous soit permis de les remercier.

MM. FONTAINE, contrôleur de la marine, LASSALLE,

pharmacien en chef de la marine, nous ont fourni de très intéressants renseignements. M. le D^r ALAIN, professeur de physiologie à l'École annexe de médecine navale de Toulon, M. PERRIMOND, pharmacien de la marine à Sidi-Abdallah, nous ont ouvert pendant la guerre leurs deux laboratoires.

MM. les Administrateurs de l'Inscription maritime ont mis un bienveillant empressement à répondre à toutes nos demandes de renseignements. A eux va également notre gratitude.

Tous nos remerciements encore à MM. POURCEL et BARBIÉRO père, mytiliculteurs, pour la grande amabilité avec laquelle ils ont secondé nos efforts, ainsi qu'à M. Félix BARBIÉRO, gardien du parc de thalassiculture de M. le professeur Raphaël DUBOIS.

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES
SUR
LA MOULE COMESTIBLE DE PROVENCE
(*Mytilus gallo-provincialis* L.)
ET SUR
LA MYTILICULTURE EN MÉDITERRANÉE

INTRODUCTION

Au point de vue technique expérimental principalement, nous nous sommes proposé d'étudier au cours de ce travail les facteurs du développement et de l'engraissement de la moule comestible, ainsi que les variations de ces facteurs avec les conditions de milieu. Nous avons déterminé l'influence de la saison, de la salure, de la nutrition, des marées naturelles ou artificiellement provoquées, de l'aération, de la lumière, et aussi celles du sexe et de l'âge.

Ceci répond à un double but : un but scientifique d'abord, ensuite un but pratique. Le développement et l'engraissement de la moule sont en effet à la base de la mytiliculture. En connaître les facteurs favorisants c'est pouvoir définir les conditions les plus favorables à la vie d'un

animal des plus intéressants, riche en principes nutritifs, très généralement apprécié, et qui donne lieu chaque année déjà en France à un commerce de plusieurs millions de francs. C'est par suite pouvoir apprécier si tout est pour le mieux dans les modes de culture actuels, et indiquer comme conclusion les modifications qui pourraient nous apparaître nécessaires.

Nous avons adjoint à notre thèse, suivant en cela les conseils de M. le professeur Dubois, l'étude des maladies et des parasites de la moule, qui exercent sans conteste sur le développement une grosse influence. La prétendue toxicité de la moule, qui a fait couler tant d'encre et injustement effrayé tant de consommateurs, a retenu également notre attention. Enfin nous présentons sur le commerce de la moule en France et les moyens que nous croyons propres à le développer tous les documents économiques et critiques que nous avons pu rassembler.

Nous ne nous dissimulons pas qu'il reste beaucoup à faire. L'étude de la reproduction de la moule, en particulier, et des conditions biologiques qui influent sur elle serait pleine d'enseignements pratiques. Si par exemple, sans aller plus loin, toutes les larves qui prennent par milliers naissance dans un même individu, mais qui sont également détruites par milliers, pouvaient être soustraites aux causes de destruction et amenées à développement complet, la culture moulière ferait vers la voie du bon marché un pas immense. Mais le cadre d'une thèse est forcément limité et nous ne pouvons prétendre à résoudre toutes les questions qui se posent à propos de la mytiliculture. C'est cette même considération qui nous a fait restreindre nos recherches à

la Méditerranée, laissant à d'autres le soin de vérifier si les choses se passent de même ou de façon notablement différente dans les autres mers, où les moules sont susceptibles de vivre.

Nous verrons du reste au cours des chapitres qui suivent qu'entre la teneur en réserves et la vie sexuelle de la moule il existe des relations étroites. En étudiant la première, on étudie par contre-coup tout un ensemble de questions qui se rattachent à la seconde.

D'autre part, l'explosion de la guerre et l'engagement volontaire que nous avons contracté pour la durée de cette dernière nous ont forcé à restreindre notablement notre programme primitif.

*
**

Tel que nous venons de le définir, le sujet qui a fait l'objet de notre travail avait été fort peu étudié avant nous. Certes, l'influence des différents facteurs biologiques, celle de la nutrition et de la salure notamment, avait retenu l'attention des mytiliculteurs et des quelques scientifiques qui écrivirent sur la moule ; mais il s'agit d'observations superficielles à l'appui desquelles ne vient aucun dosage, aucun chiffre. On se contente d'évaluer à l'œil si le mollusque devient plus gras et pousse plus rapidement à tel endroit plutôt qu'à tel autre. De plus, les observations de deux auteurs différents sont quelquefois contradictoires.

L. Vidal remarque en 1872, dans un opuscule sur lequel nous aurons à revenir souvent¹, « que les herbes qui

¹ L. Vidal, *Monographie de la moule*, Camoin éditeur, Marseille.

recouvrent certains fonds, les animalcules qui peuplent le milieu ambiant, l'état de stagnation ou de mobilité de ce milieu, sont sans doute pour beaucoup dans le développement « musculaire » de la moule ». L'école anglaise remarque que les moules abritées des vagues de la pleine mer croissent plus vite tout en devenant plus grasses, et que par conséquent les baies abritées, les estuaires des rivières leur sont favorables. Le professeur Giard, dans son « Rapport sur la prétendue nocivité des huîtres ¹ », insiste sur le rôle des courants. C'est à peu près tout ce que l'on peut trouver sur l'influence de la nutrition. .

L'influence du degré de salure de l'eau de mer, plus facile à observer que la précédente, a frappé plus vivement les naturalistes et les mytiliculteurs. A propos de la Méditerranée, L. Vidal² écrivait encore : « D'une manière générale, j'ai observé qu'un milieu plus saturé convenait davantage au développement de l'animal. Aussi les moules de la rade de Toulon, des environs de Marseille et du golfe de For-Vaiguée, sont, à toute époque de l'année, plus grasses que des moules examinées au même moment dans l'étang de Berre où la saturation des eaux est bien moindre... Parmi les recherches faites dans les auteurs qui ont écrit sur la moule, j'ai vu que ce mollusque recherchait surtout les mélanges d'eaux salée et douce et qu'on le trouvait en abondance aux environs de l'embouchure des rivières. Il résulte pourtant de toutes mes études sur ce mollusque que ce mélange constituant une eau saumâtre n'est nulle-

¹ A. Giard, Rapport sur la prétendue nocivité des huîtres (*Journal Officiel de la République française*, 28 juillet 1904).

² *Loc. cit.*

ment favorable à son développement. Nos moules des environs de Marseille et de Toulon sont-elles dans un milieu saumâtre, et leur qualité n'est-elle pas de beaucoup supérieure à celle des moules de nos étangs salés? » — Mais voici un autre son de cloche qui nous est apporté par M. Delamarre-Debouteville¹ : « L'eau douce favorise notablement, dit-il, la croissance et l'engraissement. Cependant, il n'en faut ni trop ni trop peu, car l'on a remarqué que si d'une part trop d'eau de mer produit une moule coriace et à coquille épaisse, par contre, trop d'eau douce donne une moule chétive et à coquille fragile. » — Nous nous contenterons de faire remarquer pour l'instant qu'à l'appui de ses observations, ni l'un ni l'autre des deux auteurs n'a apporté de chiffres quelque peu précis.

L'influence de la lumière a été bien étudiée par Vidal, mais, là encore malheureusement, sans qu'aucun dosage vienné souligner ses affirmations. « La lumière, écrit-il, paraît exercer une action très directe sur l'existence et le développement des moules... J'ai remarqué qu'elles peuplent de préférence les parois exposées au midi; la croissance est plus rapide chez les moules placées en pleine lumière que chez celles qui vivent toujours à l'ombre. La croissance est plus rapide il est vrai dans les régions chaudes; mais toutes conditions égales d'ailleurs, il est aisé de constater un arrêt dans le développement de la moule privée de lumière. La moule, dans une obscurité complète meurt bientôt. Je n'ai pu réussir à en faire vivre dans ces conditions et je conclus de cette observation, qu'il ne doit pas

¹ *Bulletin trimestriel des Pêches maritimes*, 1898.

exister de bonnes moules à de très grandes profondeurs dans la mer; elles y manqueraient de la somme de lumière indispensable à leur existence. »

Le même auteur a étudié l'influence de l'âge. Voici ses principales conclusions : « Durant les deux premières années, la croissance est très rapide. Elle continue pendant les deux ou trois années suivantes, mais atteint de moindres proportions relatives. Vers la sixième année, aucun nouveau développement apparent n'est remarqué dans la coquille. La moule alors a atteint une dimension de 9 à 11 centimètres du sommet à la base. Arrivée à cet état, la moule dépérit peu à peu. Tout au plus vit-elle une année encore; sa maigreur devient de plus en plus grande jusqu'au moment où le manteau devient mince et transparent comme une légère feuille de gélatine, puis survient la mort. »

M^{lle} C. Deflandre¹ a étudié enfin dans une thèse récente les variations de la teneur en graisses de la moule sous l'influence de la saison. Nous aurons l'occasion de revenir longuement sur ce travail qui est d'ordre exclusivement histologique.

Pour ce qui est de l'influence des marées, de l'aération, du sexe, elle semble avoir été complètement oubliée malgré son extrême importance. Nous n'avons trouvé aucun travail qui s'y rattache.

¹ *La Fonction adipogénique du foie dans la série animale* (thèse de Paris, 1903).

CHAPITRE PREMIER

PHYSIOLOGIE RÉSUMÉE DE LA MOULE

Nous avons cru nécessaire de faire précéder l'exposé de nos recherches de celui des connaissances que nous possédons, en l'état actuel de la science, sur la physiologie de la moule.

FONCTIONS DE NUTRITION

Le tube digestif des acéphales en général, et de l'espèce *Mytilus* en particulier, a ses deux orifices (bouche et anus) situés sur la ligne médiane et ventrale du corps. La bouche s'ouvre, entre quatre palpes labiaux, au-dessus du pied et au-dessous du muscle adducteur supérieur des valves. L'anus s'ouvre au-dessous du muscle adducteur inférieur.

Ceci posé, la bouche a la forme d'une fente transversale limitée par deux lèvres minces qui se continuent par les palpes. Ces palpes sont longs et pointus, et leur forme générale est triangulaire.

A la suite de la bouche, le tube digestif, qui est d'abord évasé pour former une espèce de cavité buccale, se rétrécit

en arrière, comme le ferait un entonnoir, pour constituer un œsophage très court. Cet œsophage aboutit dans une sorte de poche fortement plissée, l'estomac proprement dit, qui se prolonge en arrière sous la forme d'un cæcum relativement large, qui contient un organe spécial : le stylet cristallin, dont nous parlerons plus loin. Ce cæcum descend jusqu'au niveau du muscle adducteur inférieur où il se termine en cul-de-sac.

L'intestin se détache latéralement dans la partie inférieure de ce cæcum. Sa première partie est récurrente et remonte sur la face ventrale de l'estomac. Puis l'intestin pénètre dans le foie où il se recourbe sur lui-même, et redescend presque en ligne droite vers le muscle adducteur inférieur. Avant de l'atteindre, il traverse obliquement le ventricule.

La seule glande agglomérée que l'on rencontre comme annexe du tube digestif est le foie ou plus exactement hépato-pancréas. On peut y ajouter cependant de nombreuses glandes unicellulaires (glandes à mucus) et les glandes de la paroi du cæcum stomacal qui sécrètent, comme nous le verrons, le stylet cristallin.

Au point de vue histologique, la première partie du tube digestif est ciliée. Cette ciliation apparaît avec beaucoup d'évidence, en particulier dans l'estomac. De plus, on peut distinguer sur les coupes, au milieu des cellules épithéliales, un certain nombre de cellules glandulaires reconnaissables à leur contenu granuleux. Quant à la structure histologique du foie, elle est assez compliquée et nous aurons l'occasion d'y revenir¹.

¹ Nous avons emprunté ces détails anatomiques à l'excellente monographie de la moule de L. Boutan, professeur de zoologie à l'Université

Nourriture de la moule. — La nourriture de l'huître a été fort bien étudiée, par l'école allemande notamment. Celle de la moule l'a été beaucoup moins. La plupart des naturalistes cependant s'accordent à reconnaître que les moules se nourrissent surtout de petits organismes animaux ou végétaux : d'infusoires et de diatomées spécialement. Avant toute chose, Redeke a trouvé dans l'intestin de la moule des diatomées, mais il ajoute que les petits copépodes et les larves de balanides sont également absorbés de façon régulière. De plus, le contenu intestinal, qui est grisâtre, contient beaucoup de sable et de particules de vase. Chez la moule perlière fluviale (*Margaritana margaritifera*), Carl a trouvé une masse noirâtre terreuse composée de parties minérales, mélangées à des détritiques organiques, comme il s'en trouvait dans les eaux du ruisseau où vivaient ces moules. C'étaient surtout des particules vaseuses riches en fragments végétaux : des débris de radicales, de plantes vertes, dont la structure était encore reconnaissable, des fibres végétales; enfin, quelques algues à chlorophylle encore non digérée, des algues monocellulaires et de très petits infusoires sphériques.

Carl a aussi essayé de nourrir artificiellement ces animaux avec du gruau. Il répandait le gruau sur le sable aux alentours de l'animal. Au bout d'un certain temps, on voyait sur le sable des traînées qui convergeaient vers l'animal. De plus, le sable était un peu creusé à la place ou autour de chaque grain. Carl en conclut que les moules ne vivent pas seulement des particules en suspension dans l'eau, mais

de Bordeaux (*V. Zoologie descriptive des invertébrés*, Doin, éditeur, 1900), à laquelle nous ferons encore plusieurs autres emprunts.

aussi des substances organiques, surtout végétales, qui sont sur la surface du sol qui les entoure et qui sont en assez grand nombre. Ce sont surtout certaines algues monocellulaires semblables à celles que l'on rencontre dans leur estomac. Mais ce mollusque qui est un *Unio*, bien différent de la moule comestible, ne peut fournir qu'une vague indication.

Préhension. — Elle a été bien étudiée par Pagenstecher, mais là encore, chez l'huître beaucoup mieux que chez la moule. D'une manière générale, les particules nutritives sont amenées dans le tube digestif par les mouvements actifs des cellules ciliées. Chez les huîtres, tous les cils de la cavité du manteau sont actifs. Chez les mollusques fixés comme la moule, seule la partie postérieure de la fente du manteau sert à la pénétration des aliments.

Digestion. — Les phénomènes mécaniques de la digestion n'ont pas été étudiés chez *Mytilus*.

Pour ce qui est des phénomènes chimiques et des diastases actives, on possède au contraire des données assez complètes. Nous étudierons successivement la digestion des hydrates de carbone, des matières protéiques et des graisses.

LES HYDRATES DE CARBONE sont transformés en sucre par une amylase contenue dans le stylet cristallin. La chose a été définitivement démontrée, en 1901, par le physiologiste anglais Mitra¹, et a mis fin aux interminables discussions

¹ The cristalline style of Lamellibranchie (*Quarterly Journal of microscopical Science*, t. XLIV, p. 591 et suiv.).

auxquelles avait donné lieu la présence de cet organe chez les lamellibranches. Nous résumerons la question aussi brièvement que possible.

Nous avons dit que le stylet cristallin était contenu, chez *Mytilus*, dans un cæcum large prolongeant l'estomac. Sa forme est en général cylindroïde, mais le plus souvent la partie antérieure, qui fait saillie dans l'estomac même, est plus grosse que l'extrémité postérieure contenue dans le cæcum, déliquescente, et presque constamment entourée de matériaux alimentaires. Il convient d'ajouter que le stylet ne remplit pas toute la lumière du cæcum, mais une moitié seulement. L'autre moitié assure la communication avec l'estomac d'une part, et l'intestin. Enfin, la partie postérieure est toujours plissée à sa surface, et il est évident que ces plis correspondent aux plicatures de l'épithélium intestinal de cette région (Haseloff).

La coloration du stylet, jaune-pâle chez la plupart des lamellibranches, est absente chez *Mytilus*. Le stylet est absolument hyalin, transparent, incolore. Sa consistance est gélatineuse.

La structure intime de l'organe a été étudiée par tous les auteurs qui se sont occupés de la question : Hazay, Haseloff, Barrois, Mitra. La conclusion de ces études est que « la tige cristalline est composée, chez tous les lamellibranches, par une série de couches concentriques absolument hyalines dans lesquelles on ne peut reconnaître la moindre structure » (Barrois). Mitra compare la section d'un style à la section d'un oignon, et Barrois ajoute que les amas granuleux que l'on rencontre parfois au centre du style, sous la forme d'un ruban plus ou moins spiralé,

correspond simplement à des points où la gélification n'a pas été complète. Accidentellement, la substance médullaire du stylet peut encore renfermer des grains de sable ou de résidus alimentaires non digestibles, comme des écailles de diatomées ou des fragments de squelette chitineux de rotifères.

Quant à la constitution chimique, elle a été longuement étudiée par Hazay et Haseloff, puis par Barrois et Mitra surtout. Les deux premiers auteurs concluaient à une majeure partie d'albuminoïdes. Barrois et Lambling ont précisé en rapprochant des globulines l'albuminoïde en question, et remarquent que sous l'action des acides étendus et chauds les solutions alcalines d'oxyde de cuivre sont réduites. Ceci fait penser à une albuminoïde voisine de la mucine et de la chondrine. Enfin, Mitra, procédant à la fois par l'analyse directe et par la méthode des exclusions, conclut à une globuline voisine du fibrin-ferment. « La substance en question », dit-il « n'est pas une albumine, parce que sa solution dans l'eau est complètement précipitée par saturation avec du sulfate de magnésium. Ce n'est pas un acide ou un alcali-albumine, parce que sa solution dans l'eau est neutre et coagule par la chaleur. Il n'y a pas de peptone dans le style, parce que quand sa solution dans l'eau est saturée par le sulfate d'ammonium et filtrée, le filtrat ne donne pas la réaction caractéristique des peptones. Il n'y a pas d'albumoses, parce que quand sa solution dans l'eau est précipitée par l'alcool, et le précipité gardé pendant six mois dans l'alcool absolu, si on le traite alors avec de l'eau, l'eau ne dissout pas la plus petite quantité du précipité et ne donne pas la réaction caractéristique des albu-

moses. La méthode d'exclusion montre donc que la substance protéique du style appartient aux globulines, et elle donne d'ailleurs les réactions caractéristiques de cette classe. Elle est soluble dans les solutions salines diluées, et insoluble dans les solutions concentrées de NaCl , SO^4Mg , SO^4Am^2 . Sa solution dans l'eau est précipitée par la chaleur.

« L'analyse montre enfin qu'il y a environ 88 pour 100 d'eau dans le style, 12 pour 100 de substances protéiques (globuline) et 1 pour 100 de sels. »

Voici maintenant les principales des théories qui ont été émises sur le rôle du stylet. Carus et Gamer voient en lui un endosquelette. Mais à l'encontre de cette façon de voir vient la consistance gélatineuse de l'organe, et surtout sa disparition rapide et totale sur les animaux en état de jeûne. Sabastier pense que les particules alimentaires sont broyées entre le stylet et les cils de la paroi intestinale qui l'entoure. C'est une supposition gratuite. Où sont les muscles agissant ? Et la consistance des deux parties en présence ne s'oppose-t-elle pas à la vraisemblance de pareille conception ? O. Schmidt pense que le stylet sert surtout à faciliter l'enrobage des aliments par le suc intestinal, ce qui favorise la digestion, et Barrois adopte une façon de voir très rapprochée. Pour lui le stylet servirait à protéger les parois intestinales contre une érosion possible par les particules alimentaires solides, parce que la surface du stylet ramollie par les sucs digestifs forme une sorte de pâte visqueuse au sein de laquelle les corps étrangers traversent l'intestin sans le blesser, c'est faire jouer un rôle bien effacé à un organe des plus importants qui occupe les trois quarts de la longueur des animaux où il existe. De

plus, comme le fait remarquer Biedermann¹, une foule d'échinodermes et de vers qui ingèrent des particules de terre et de sable, aliments au plus haut point susceptibles de léser l'intestin, ne possèdent ni stylet cristallin ni rien de semblable. Une riche sécrétion de mucus suffit à protéger leur intestin. Pour Milne-Edwards le stylet servirait à brasser les aliments, pendant qu'ils sont en contact avec le suc gastrique, et pour Krukenberg, le stylet servirait à la résorption, en forçant le chyme à être en contact plus proche avec l'épithélium résorbant de l'intestin. Ces deux opinions sont contredites par ce fait, entre bien d'autres, que dans la plupart des espèces de lamellibranches où le stylet existe il n'est pas en rapport immédiat, exception faite de l'extrémité stomacale, avec les aliments, lesquels ne pénètrent jamais dans le cœcum.

Neckel, Cyarner et Balfour veulent voir dans le stylet un organe rudimentaire qui serait la dégradation du « radular sac » des glossophores. Mitra a victorieusement réfuté cette théorie. En effet : 1° Ses dimensions ne sont pas celles d'un organe rudimentaire; 2° le sac de la radula est formé, chez les glossophores, par un diverticule de l'œsophage, et le cœcum dans lequel le stylet cristallin est logé est un diverticule de l'estomac; 3° enfin, et surtout le stylet, cristallin apparaît au moment où la digestion s'accomplit et disparaît lorsque, pour une raison ou pour une autre, cette fonction ne s'accomplit pas. Mitra a fait, à ce sujet, des expériences tout à fait typiques, et démontré en particulier que chez la moule le stylet se renouvelle une fois par

¹ In *Manuel de Physiologie comparée* de Winterstein, 1911.

jour. Pourquoi un vestige d'organe se renouvellerait-il chaque jour, pour chaque jour disparaître de nouveau ? Hazay et Haseloff ont enfin voulu considérer le stylet comme formé de matériaux de réserve (albuminoïdes). Ils se basaient sur le fait que le stylet, constamment trouvé par eux en été et au printemps, disparaissait en hiver, et aussi chez les mollusques soumis à un jeûne prolongé. Mais Bourdon et Barrois ont rencontré le stylet à toutes les époques de l'année, chaque fois qu'ils l'ont recherché. De plus, ajoute Barrois : 1° l'accumulation de réserves alimentaires dans le tube digestif lui-même est contraire à tout ce qu'on connaît chez les autres animaux ; 2° l'hibernation chez les lamellibranches est quelque chose de tout à fait exceptionnel. Pas d'hibernation, pas de jeûne possible. A quoi donc servirait à l'animal d'accumuler des matériaux de réserve qu'il n'aura jamais l'occasion d'utiliser ? 3° les seuls lamellibranches hivernants (naïades) ont un stylet cristallin beaucoup plus réduit que les pholades ou les bucardes, par exemple, qui n'hivernent pas. Nous ajouterons qu'il serait bien extraordinaire que les moules, chez lesquelles le stylet disparaît une fois par jour suivant Mitra, reconstituent chaque jour et fassent chaque jour appel à leurs réserves, alors que les conditions de nutrition n'ont pas varié autour d'elles et que des aliments restent toujours à leur portée en quantité suffisante.

Les arguments apportés par Mitra pour faire du stylet cristallin un ferment amylolytique, ont au contraire la valeur d'une démonstration. En effet : 1° Des stylets dissous dans l'eau et mis en présence d'une solution d'amidon transforment rapidement tout l'amidon en sucre. Un pro-

duit intermédiaire, comparable à la dextrine, est d'ailleurs formé au cours de l'action des stylets sur l'amidon, comme cela se passe dans la transformation de l'amidon en sucre par la salive; 2° le stylet a aussi une action sur le glyco-gène et le transforme lentement en sucre comme la ptyaline; 3° la globuline qui constitue le stylet n'est pas une substance protéique surajoutée, mais se confond avec le ferment. En effet, si l'on précipite par l'alcool une solution aqueuse de stylet, l'alcool qui recouvre le précipité, ne contient aucun ferment, et plus le précipité devient insoluble dans l'eau, moins grande devient son activité fermentative; lorsque le précipité est devenu complètement insoluble dans l'eau il a perdu complètement son action de ferment. De plus, la température à laquelle coagule la globuline du stylet dans une solution aqueuse est la même que celle où la solution perd complètement ses propriétés fermentatives.

La conclusion de Mitra est que le stylet cristallin est un ferment amylolytique, qu'il est sécrété sous forme d'un liquide visqueux, et emmagasiné chez la moule sous une forme gélatineuse dans un cœcum en rapport avec l'estomac. Son extrémité se projette dans l'estomac où elle est progressivement dissoute, et se mélange aux aliments dont elle transforme les substances amylacées en sucres. Il est juste d'ajouter que déjà Coupin, avant Mitra, avait reconnu la fonction principale du stylet cristallin. C'est, dit-il, un suc digestif, une sorte de comprimé de diastases, contenant beaucoup d'amylase, le tout noyé dans une matière visqueuse. Il y a trouvé non seulement une amylase mais encore une invertase.

Mais avant les recherches de Coupin et Mitra, le rôle digestif du stylet cristallin avait déjà été entrevu chez la Pholade dactyle, par Raphaël Dubois¹.

Dès 1892, R. Dubois, avait observé que dans le tube digestif de la Pholade dactyle, on trouve un long filament composé de matières excrémentitielles et de déchets alimentaires; dont la formation commence précisément à l'extrémité inférieure demi-fluidifiée du stylet cristallin. En outre, à la surface de ce dernier, il signalait la présence d'une grande quantité de petites algues et d'autres organismes animaux ou végétaux encore vivants accolés là, en attendant de servir à la nutrition de la Pholade, c'est-à-dire d'être digérés. Le stylet ou tige cristalline aurait donc, en plus de son rôle digestif, un rôle de fixation, qui en ferait un organe de préhension et même de réserve d'aliments.

On a discuté sur l'origine du stylet presque aussi longuement que sur ses fonctions. Ce ne peut être, comme l'ont soutenu divers auteurs, un produit de la digestion pour la bonne raison que c'est un ferment. De plus on n'y rencontre ni acide, ni alcali-albumine, ni albumose, ni peptone (Mitra). Est-ce une sécrétion de l'épithélium du cœcum? Cette dernière question reste toujours pendante, mais il y a en faveur de la négative cette importante constatation de Mitra que l'on ne rencontre aucun ferment amylolytique dans l'épithélium intestinal. Pour cet auteur le stylet serait une sécrétion du foie. Comme raisons prin-

¹ Raphaël Dubois, Anatomie et Physiologie de la Pholade dactyle (*Annales de l'Université de Lyon*, tome II, fasc. 2, p. 32).

cipales à l'appui de sa thèse il invoque ce fait qu'il y a dans le foie un ferment amylolytique exactement semblable au ferment du stylet. Enfin, la zone axiale des stylets fraîchement formés contiendrait souvent des cellules à pigment jaune provenant du foie.

Passons maintenant à la digestion des MATIÈRES PROTÉIQUES. Krukenberg a signalé la présence dans l'extrait glycériné du foie des moules d'une diastase peptique qu'il propose d'appeler « conchyopepsine ».

Dans le foie de *Mytilus edulis* elle serait presque pure. Par adjonction d'acide chlorhydrique, acétique, lactique, cette diastase digérerait rapidement la fibrine crue ou cuite. Biedermann n'a pu reproduire cette digestion et met en doute son existence. Cependant, Frédéricq, expérimentant sur des foies de *Mytilus edulis*, desséchés après traitement par l'alcool, pulvérisés puis traités par l'eau, l'acide chlorhydrique ou la soude diluée, a constaté que les extraits alcalins et acides ainsi obtenus digéraient bien la fibrine avec formation de peptones. Krukenberg ajoute que, dans quelques rares cas, les hépato-pancréas de moules renfermeraient aussi une diastase tryptique.

A notre connaissance, la DIGESTION DES MATIÈRES GRASSES n'a jamais été étudiée chez la moule elle-même, mais tous les auteurs admettent que la sécrétion hépato-pancréatique des mollusques, contient, outre sa trypsine, une lipase énergique dédoublant les graisses en glycérine et acides gras. Le fait a été bien démontré par Yung, en particulier chez *Helix pomatia*. Il est permis de supposer que chez *Mytilus* les choses se passent de façon à peu près analogue.

On connaît l'action de la bile sur l'émulsion des graisses.

Le foie de *Mytilus* possède-t-il une FONCTION BILIAIRE? La recherche des acides et des pigments biliaires a toujours été négative chez les mollusques et il semble que ces corps y fassent absolument défaut. Il faut lire en particulier à ce sujet Hoppe-Seyler, Krukenberg, Barfurth ¹.

Dans les cellules hépatiques de la plupart des mollusques existent cependant des sécrétions pigmentées qui, à première vue, peuvent suggestionner. C'est pourquoi quelques auteurs, tout en ne croyant pas que le foie des mollusques secrète une véritable bile, pensent que les substances pigmentées qu'il produit sont physiologiquement comparables aux pigments biliaires (Barfurth). Ce n'est là qu'un raisonnement par analogie dont la valeur est très douteuse (Enriquez)². Quoi qu'il en soit, les pigments hépatiques de la moule semblent être au nombre de trois au moins un pigment soluble dans l'eau, ou pigment aqueux, et deux pigments solubles dans le chloroforme (pigments chloroformiques). Le pigment aqueux a été isolé, en 1898, par Dastre et Floresco³. Il suffit pour l'obtenir de dessécher le foie au vide sulfurique, de le réduire en poudre, puis de faire macérer cette poudre dans de l'eau légèrement alcalinisée, mais il vaut encore mieux avoir recours à la

¹ Krukenberg, Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung, etc. (*Unters. Phys. Inst. Heidelberg*, 1 Bd., p. 327-340, t. II, 1878). — Ueber die Verdauungsvorgänge bei ben Cephalopoden, Gastropoden und Lamellibranchiaten (*ibid.*, 4 B. J., p. 402-417, 1882). — Barfurth, Ueber den Bau und die Thätigkeit der Gastropodenleber (*A. Mikr. Anat.*, 22 Bd., p. 473-524, 1883).

² Enriquez, le Foie des mollusques et ses fonctions (*Archives italiennes de Biologie*, année 1902, t. XXXV, p. 177).

³ Dastre et Floresco, Pigments hépatiques chez les invertébrés (*Archives de Physiologie normale et pathologique*, 1898, p. 129).

digestion papainique sur l'organe frais. On obtient ainsi une liqueur jaune qui passe au rouge par concentration. Cette liqueur est riche en fer. Elle a les propriétés du pigment hépatique aqueux des vertébrés et toutes ses réactions. C'est la ferrine ou hémochromogène, sorte de protéosate de fer mélangé d'une petite quantité de nucléo-albuminoïdes ferrugineux, ce qui entre parenthèses fait entrevoir une FONCTION MARTIALE du foie de la moule comparable à celle du foie des animaux supérieurs.

Les pigments chloroformiques ont été isolés par Dastre, en 1899¹, par macération de poudre de foie dans du chloroforme. Le premier serait intermédiaire entre les pigments biliaires des vertébrés et les lipochromes. Il a une couleur jaune rougeâtre. Dastre lui donne le nom de choléchrome. Il est caractérisé par un spectre continu, dont l'action ne se fait sentir que par une absorption aux deux extrémités du spectre du mélange chloroformique. Le second pigment a les caractères spectroscopiques essentiels de la chlorophylle végétale, dont il possède les quatre bandes principales. Dastre lui donne le nom de pigment chlorophylloïde ou hépato-chlorophylle. Ce dernier pigment n'est pas fabriqué par l'animal. Il provient de l'alimentation végétale.

On sait, en effet, que les aliments peuvent pénétrer avec une très grande facilité dans le foie, qui n'est qu'un diverticule du tube digestif de la plupart des mollusques et de la moule en particulier, et ce foie doit être considéré entre

¹ V. Dastre, la Chlorophylle du foie chez les mollusques (*Journal de Physiologie et de Pathologie générales*, 1899, p. 111).

autres choses « comme un actif transformateur de la chlorophylle alimentaire et fabricant des pigments du corps ou tout au moins des générateurs de ceux-ci » (Bottazzi). Il est facile, d'autre part, de faire disparaître le pigment en question en supprimant l'alimentation chlorophyllienne (en faisant manger à des escargots, par exemple, de jeunes pousses végétales dépourvues de chlorophylle par séjour à l'obscurité). Comme le font remarquer Bottazzi¹ et Biedermann², la dissolution des corps cellulaires végétaux, puis des chloroplastes suppose la digestion de la cellulose.

Pour Biedermann, cette digestion n'est pas due à l'action d'une diastase ordinaire, mais d'une cytase particulière. Enriquez a vu cette cytase à l'œuvre chez *Aplysia depilans* et *Aplysia limacina*³. Il décrit minutieusement les transformations de la membrane cellulaire végétale et des chloroplastes sous l'influence combinée de cette cytase et du ferment amylolytique. Mais il y a plus : certaines cellules hépatiques sont capables, grâce à une sorte de mécanisme phagocytaire, d'absorber les grains de chlorophylle pris dans le contenu des canaux hépatiques, et de les inclure dans leur plasma. Il se fait alors une digestion endocellulaire caractérisée par le virage des grains de chlorophylle au brun, puis au rose, enfin par leur décoloration et leur dissolution complète.

Si nous voulons maintenant résumer la question des

¹ Contribution à la physiologie comparée de la digestion (*Archives italiennes de Biologie*, 1901).

² *Loc. cit.*

³ *Loc. cit.*

phénomènes chimiques de la digestion, nous voyons que la moule aurait à sa disposition cinq diastases : une diastase amylolytique contenue dans le stylet cristallin pour les hydrates de carbone, une diastase peptique et une diastase tryptique pour les matières protéïques, une lipase pour les corps gras, enfin une cytase particulière pour la cellulose. Si nous admettons la théorie de l'origine hépatique du stylet cristallin (théorie de Mitra), nous arrivons à cette conclusion que tous les ferments digestifs sont sécrétés par le foie de la moule. Le nom d'hépto-pancréas qu'on donne communément à cet organe est donc tout à fait justifié, et il nous apparaît dès maintenant comme un organe à fonctions multiples.

Ceci nous amène à nous demander si toutes les cellules secrètent les ferments digestifs, ou si précisément comme conséquence des multiples fonctions qui lui sont dévolues, l'hépto-pancréas n'a pas été obligé à une division du travail. En fait, les ferments digestifs ne prennent naissance que dans une catégorie de cellules bien déterminées de l'hépto-pancréas. Ce sont les cellules hépatiques proprement dites (« Leberzellen » de Barfurth et Yung, « Körnerzellen » de Frenzel).

Ces cellules se rencontrent en nombre, dimensions et formes variables selon le mollusque que l'on considère. Ce qui les fait reconnaître, c'est leur protoplasma granuleux qui renferme une multitude de petites vésicules (*vacuolides* de R. Dubois). Chacune de ces vésicules renferme à son tour de très petits grains, dont le nombre varie de 5 à 20. De tout ceci rien ne se colore par une injection physiologique de fuschine acide et de dahlia.

Selon M^{lle} Deflandre, ces cellules seraient relativement rares chez *Mytilus*.

Les pigments hépatiques, dont nous avons parlé, sont logés dans d'autres espèces de cellules : les cellules vacuolaires et les cellules à boules ou cellules cyanophiles de Cuénot. Les premières (« Fermentzellen » de Barfurth et Yung, « Keulenzellen » de Frenzel) de formes différentes là encore avec les espèces, pyriformes par exemple chez la seiche, sont caractérisées par la présence d'une ou plusieurs vacuoles renfermant un liquide jaune, brun ou rougeâtre. Les deuxièmes, plus petites et plus rares, renferment des concrétions arrondies, tantôt petites et nombreuses, tantôt volumineuses et réduites au contraire à une ou deux seulement. Ces espèces de boules sont safranophiles et se colorent aussi en jaune-gris par l'acide osmique. Le noyau des cellules à boules, d'abord unique et basilair, se divise très souvent par amitose, et l'on voit fréquemment dans la cellule deux noyaux : un noyau anormal et un noyau dégénéré entouré d'une couche de cytoplasme plus dense. La surface libre des cellules à boules est revêtue, chez la seiche tout au moins, d'un mince plateau strié, qui surmonte une zone de bâtonnets cytoplasmiques, électivement colorables par le violet après fixation au Flemming. Ce plateau disparaît à certains moments de la vie cellulaire, et laisse alors à nu la zone des bâtonnets qui simulent alors une bordure en brosse¹.

Les cellules vacuolaires et les cellules à boules sont enfin

¹ Cuénot, Fonction absorbante et excrétoire du foie des Céphalopodes (*Archives de Zoologie expérimentale*, t. VII, 1907).

colorées par une injection physiologique de fuchsine acide et de dahlia. La vacuole des premières se colore fortement en rouge, les concrétions des secondes en violet intense.

Le mode de formation et de destruction des vacuoles colorées dans les cellules vacuolaires a été fort bien décrit chez les *Aplysies* par Enriquez¹ qui donne à ces cellules le nom de cellules sécrétantes à grosses gouttes. En premier lieu apparaissent dans la cellule des granulations pigmentées très fines. Le noyau est alors près de la base de la cellule. Peu après, les granulations se réunissent, se condensent, formant des gouttes plus foncées jusqu'à la formation d'un unique amas. Le noyau reste toujours hors de la substance pigmentée. Les masses de sécrétion ainsi formées doivent de nouveau se réduire en gouttes pour être utilisées. Ces gouttes proviennent des masses par division soit interne, soit externe, mais ne s'épanchent pas dans la lumière des canaux hépatiques dès qu'elles sont formées. Elles prennent une position transitoire, dans les interstices cellulaires. Les masses de sécrétion deviennent plus nombreuses durant le jeûne; au contraire, elles disparaissent presque chez les animaux très abondamment nourris. Les gouttes interstitielles subissent, elles aussi, des variations de nombre et de couleur. Elles sont généralement d'une couleur havane chez les animaux en bonnes conditions de nutrition. Mais, si on laisse les animaux à jeûn, elles deviennent roses; ces gouttes roses disparaissent rapidement avec un nouveau repas, et celles qui se reforment des masses de sécrétion, abondantes dans ces conditions,

¹ *Loc. cit.*

sont jaunes. On peut facilement reconnaître que ce ne sont pas les mêmes gouttes roses qui se sont transformées. La rapide disparition des gouttes interstitielles est rendue possible par une très grande facilité de solubilité dans l'eau.

Quant aux cellules chlorophylliennes de Enriquez, elles correspondent aux cellules hépatiques proprement dites ou « Leberzellen ».

En résumé, nous avons décrit dans l'hépto-pancréas trois espèces de cellules bien différentes. Nous verrons plus loin qu'il en existe au moins une encore, très différenciée et très importante.

Absorption. — Les phénomènes d'absorption ont été assez peu étudiés chez la moule, mais ils sont bien connus chez des espèces relativement voisines dont le tube digestif est anatomiquement et histologiquement tout à fait comparable à celui du mollusque qui nous occupe.

L'absorption se fait selon le mécanisme ordinaire. Ce qui a été discuté, c'est le lieu où elle se produit. Les différents auteurs semblent néanmoins s'être mis actuellement d'accord pour admettre qu'elle se fait au niveau de l'hépto-pancréas, et à ce niveau seulement. Ce qui le prouve ce sont des raisons histologiques et des faits apportés par l'expérience.

Les raisons histologiques ont été longuement exposées par Bottazzi¹ à propos de l'*Aplysia limacina*. Il fait remarquer en premier lieu que l'épithélium gastrique, cilié, ne présente pas les caractères des épithéliums absorbants.

¹ Loc. cit.

On ne peut y découvrir d'autre part aucune modification pendant la digestion ou dans le jeûne prolongé. Il y aurait d'ailleurs entre le contenu gastrique et le liquide de la cavité générale du corps une égalité pratiquement complète de pression osmotique. Même les corps salins n'arriveraient pas à passer à travers la paroi des estomacs vivants de l'Aplysie. Bottazzi conclut que, « ces estomacs sont essentiellement des réservoirs dans lesquels le matériel alimentaire subit des modifications mécaniques et chimiques qui le rendent apte à être absorbé *ailleurs*. » En outre, grâce aux vifs mouvements dont ils sont doués, ils pousseraient plus loin ce matériel : vers la glande hépato-pancréatique et l'intestin. L'intestin n'est pas non plus un organe absorbant. Sa structure, couche épithéliale unique et tunique musculaire connective très mince, le lui interdit. De plus il est privé de vaisseaux sanguins proprement dits. Reste comme seul lieu d'absorption possible la glande hépato-pancréatique. La méthode d'exclusion montre que l'absorption doit fatalement s'opérer là.

L'histologie vient confirmer cette manière de voir. L'hépto-pancréas n'est en effet qu'un appendice canaliculaire ramifié du tube digestif, avec lequel il communique par une espèce de dilatation intestinale (chambre hépatique) d'où naît le système des innombrables petits tubes ou canalicules glandulaires qui le constituent. Ces canalicules gardent sur un certain parcours les caractères du tube digestif; ils sont tapissés comme lui de cellules épithéliales cylindriques ciliées. Mais ces cellules sont remplacées plus loin (Enriquez et Bottazzi) par des cellules de nature très différente qui possèdent des propriétés absorbantes. Les cellules ne seraient

autre chose que les « Keulenzellen » dont nous avons déjà parlé, et c'est par ces cellules qu'aurait lieu l'absorption des matériaux alimentaires digérés.

Voici maintenant les expériences imaginées par Cuénot¹. Il injecte à des crabes bien vivants une solution d'une matière colorante très soluble (indigo-carmin, fuchsine) puis les fait manger par des poulpes. En sacrifiant les poulpes on retrouve la matière colorante dans l'hétopancréas, et nulle part ailleurs, ni dans le tube digestif, ni dans le reste de l'organisme.

Tout a été absorbé par le foie et l'examen microscopique permet d'ajouter « par les vacuoles des cellules vacuolaire » ou « Keulenzellen ». Cuénot fait cependant remarquer que si les cellules vacuolaires absorbent électivement l'indigo-carmin et la fuchsine, d'autres colorants tels que le tournesol, le carminate et le saccharate de fer par exemple, peuvent être absorbés par d'autres cellules du foie : cellules hépatiques proprement dites ou « Leberzellen » et cellules à boules. « Les expériences ne peuvent donc pas, de l'avis de cet auteur, renseigner sur le lieu exact et normal du passage osmotique, d'autant plus que rien ne prouve que les acides amidés, ou le glucose, par exemple, soient absorbés au même point que les matières colorantes absorbées. » Cuénot conclut qu'en fin de compte toutes les cellules du foie sont sans doute capables d'absorber les produits dialysables de la digestion.

« On pourrait peut-être objecter, ajoute-t-il, à ce dispositif expérimental que les couleurs mêlées à la nourri-

¹ *Loc. cit.*

ture sont absorbées en réalité à travers la paroi intestinale, puis qu'elles sont reprises, étant dissoutes dans le sang, par les cellules hépatiques (fonction excrétrice). Mais il est bien connu que lorsqu'on injecte de l'indigo-carmin dans le sang d'un céphalopode, cette substance est éliminée activement (et exclusivement) par les reins spongieux, et pas du tout par les autres organes excréteurs. Or quand un poulpe a mangé un crabe à l'indigo, la meilleure preuve que l'indigo ne passe pas dans le sang, c'est qu'on n'en trouve jamais la moindre trace dans les reins. La coloration des cellules hépatiques est donc bien due à l'absorption digestive directe ».

List, cité par Cuénot, a fait vivre des moules dans de l'eau tenant en suspension du carmin en poudre, du tournesol, de l'encre de Chine. On retrouve peu de temps après les particules solides de ces colorants dans les cellules du foie. Cette absorption phagocytaire des particules solides confirme encore le rôle du foie comme organe absorbant.

Cuénot fait remarquer enfin, avec beaucoup de justesse, que « si les couleurs parviennent au foie et entrent même dans ses cellules, elles ne passent pas dans le sang » comme il l'a démontré. Le foie est donc capable d'opérer un choix chez la moule, comme chez les vertébrés supérieurs, de retenir les matières inutiles ou nuisibles. Cuénot a baptisé cette fonction du foie « fonction d'arrêt. » C'est une fonction de protection qui est vraisemblablement l'équivalent de la fonction antitoxique bien connue chez les animaux supérieurs.

Emmagasinement des réserves. — L'emmagas-

sinement du glycogène dans l'hépto-pancréas des mollusques, et de la moule en particulier, a frappé tous les auteurs. D'après Barfurth, le glycogène apparaît d'abord dans le tissu conjonctif, puis dans les cellules hépatiques proprement dites (ou « Leberzellen ») et les cellules calcaires que nous étudierons à propos de l'emmagasinement du phosphate de chaux. L'emmagasinement possible du glycogène dans les autres tissus et l'existence d'une fonction glycogénique, non pas seulement hépatique, mais beaucoup plus générale (Cl. Bernard), semble avoir beaucoup moins retenu l'attention. Aucun auteur enfin, à notre connaissance, n'a étudié avant nous, par la méthode des dosages, les variations dans l'intensité de l'emmagasinement et de l'utilisation du glycogène avec les différents facteurs biologiques.

L'emmagasinement des graisses dans l'hépto-pancréas a été étudié par M^{lle} Deflandre¹ sur *Mytilus edulis* de la Manche, à Wimereux et Roscoff. Ses conclusions sont les suivantes : Les granulations graisseuses ont été rencontrées dans toutes les glandes examinées, quelle que soit la saison considérée. Elles occupent surtout les « Nährzellen », ou cellules hépatiques proprement dites (« Leberzellen » de Barfurth), mais aussi le tissu conjonctif qui sépare les différents tubules du foie.

Au début du printemps, en mars, la glande hépatique est relativement peu riche en graisses. Les granulations graisseuses, colorées en noir par l'osmium, sont petites et très distinctes les unes des autres. Certaines cellules n'en contien-

¹ Loc. cit.

nent pas. En juin, la glande est déjà plus riche en graisses. Certaines cellules se colorent presque entièrement en noir par l'acide osmique et les granulations sont de tailles très inégales, quelques-unes étant très grosses. En septembre et octobre, le maximum de la surcharge graisseuse est atteint, et sur un grand nombre de points tout détail histologique est impossible à discerner en raison de la coloration noire massive de l'épithélium. Certaines cellules cependant ne contiennent plus de graisse et sont devenues vacuolaires, tandis que la lumière des canalicules biliaires est remplie de place en place par un bloc noir de graisses excrétées. Il y a donc à ce moment, en même temps que surcharge graisseuse, excrétion d'une partie des graisses. Enfin, en janvier, la graisse est toujours abondante, mais beaucoup moins qu'en septembre et en octobre. M^{lle} C. Deflandre n'a pas pratiqué de dosages et conclut en dernière analyse que la moule est un animal normalement surchargé en réserves adipeuses. « Les variations de la fonction adipo-hépatique, suivant les saisons et les circonstances sont peu apparentes », ajoute-t-elle, « et évoquent mal un rapport de finalité entre l'état anatomique et un processus physiologique qui le nécessite ». Nous aurons l'occasion de revenir sur tout ceci. Remarquons seulement que seul l'hépatopancréas a été étudié et qu'il n'est pas question des autres organes.

Ajoutons que Barfurth a considéré les cellules calcaires, dont nous allons avoir à nous occuper maintenant comme les principales cellules emmagasinatrices des graisses chez les mollusques.

Ces cellules calcaires, de dimensions et de formes

variables avec les mollusques considérés, ont été bien décrites chez *Mytilus* par M^{lle} Deflandre. Disposées de place en place en corbeilles, elles constituent de petits îlots par rapport au revêtement épithélial des tubules du foie. Elles présentent de gros grains qui prennent une coloration rouge intense par la safranine. Ces îlots sont très remarquables par leur individualisation et semblent une formation glandulaire incluse dans une autre glande. Alors que l'on ne trouve qu'une ou deux cellules ferments par tubule, les cellules calcaires seraient sept ou huit fois plus nombreuses.

A la suite d'analyses histochimiques déjà anciennes, Barfurth concluait que les grains contenus dans les cellules en question se composaient surtout de phosphate tricalcique, d'où le nom de cellules calcaires ou « Kalkzellen » qu'il leur avait donné.

Il s'appuyait notamment sur ce fait que le foie frais, traité par l'ammoniaque chaud, donne une solution qui devient jaune par le molybdate d'ammoniaque, avec un léger précipité jaune insoluble dans les acides, mais soluble dans l'ammoniaque. Traités par l'acide sulfurique, les grains ne se dissolvent pas, mais se fusionnent entre eux en formant des masses incolores et brillantes.

On voit par la suite apparaître dans ces masses de nombreux cristaux de sulfate de chaux, reconnaissables à leurs réactions microchimiques.

L'emmagasinement de la chaux avait été considéré comme en rapport avec la formation de la coquille. A la suite d'expériences sur *Aplysia*, Enriquez¹ nie la fonction

¹ *Loc. cit.*

calcaire du foie chez ce mollusque, et dit qu'il ne faut pas hâtivement généraliser. Il a vu les cellules réfringentes des Kalkzellen d'*Aplysia* se dissoudre sans précipité dans l'acide oxalique, et même dans l'eau distillée. De plus, certaines de ces cellules ne sont pas divisées en sphérules, mais sont pleines d'un contenu incolore. Toute la cellule a le même aspect que si elle était remplie par une goutte d'eau. Se basant entre autres choses sur l'alimentation riche en matières végétales (par suite en hydrates de carbone) de l'*Aplysia*, et sur l'absence des cellules calcaires dans des gastropodes exclusivement carnivores, il conclut finalement que ces cellules seraient destinées au métabolisme des hydrates de carbone, et propose de les appeler cellules sphéruleuses, ce qui ne préjuge pas de leur fonction.

Il semble qu'il y ait des deux côtés une partie de vérité et que l'on doive admettre un double emmagasinement par ces cellules sphéruleuses; l'emmagasinement calcaire de Barfurth et l'emmagasinement hydrocarboné d'Enriquez.

Circulation. — L'appareil circulatoire de la moule a donné lieu à de nombreux travaux anatomiques, mais ne semble pas avoir inspiré les physiologistes. Nous ne connaissons aucun travail sur la mécanique de la circulation chez ce mollusque, et nous nous contenterons de donner quelques indications anatomiques succinctes.

Le cœur est situé dans la région dorsale, immédiatement en arrière de l'extrémité postérieure de la charnière. Il se compose d'un ventricule et de deux oreillettes. Le ventricule est fusiforme. Son extrémité supérieure correspond à

l'embouchure du bulbe aortique; son extrémité inférieure est traversée, comme nous l'avons déjà vu, par l'intestin rectal. Les oreillettes sont placées symétriquement de chaque côté du ventricule qu'elles enveloppent en partie. Ce sont deux masses de couleur brune, à surface très mamelonnée, présentant une cavité centrale entourée de nombreux diverticules en culs-de-sac qui font saillie à leur surface. Chacune des oreillettes communique avec le ventricule par un orifice étroit muni de deux valvules sigmoïdes qui s'opposent au reflux du sang du ventricule dans les oreillettes. Oreillettes et ventricules sont enfin entourés par un péricarde. La cavité péricardique, toujours remplie de liquide, communique largement avec le rein par un conduit qui a reçu le nom de couloir réno-péricardique (L. Boutan).

Le système artériel de la moule est complètement fermé. La principale des artères est naturellement le bulbe aortique, qui est muni de valvules sigmoïdes à sa naissance dans le ventricule, et qui se prolonge par l'aorte antérieure. Du bulbe aortique ou de l'aorte antérieure naissent d'abord, par l'intermédiaire du tronc cœliaque, quatre artères gastro-intestinales volumineuses (deux antérieures, deux postérieures), puis la grande artère palléale destinée au manteau, plusieurs artères hépatiques, etc.

Quant au système veineux, il est en grande partie lacunaire. Une grande partie du sang, avant d'arriver aux branchies, est dérivée d'abord vers l'organe de Bojanus, où il abandonne une partie de ses éléments; une autre partie du liquide sanguin traverse le manteau et revient au cœur sans être passée par les branchies (Boutan). Le

cœur contient donc un mélange de sang hématosé et de sang non hématosé.

Respiration. — La respiration de la moule est une respiration branchiale sans rien de particulier. Le seul fait intéressant est la présence dans le sang de *Mytilus*, comme dans le sang d'autres mollusques et de crustacés, d'un composé du cuivre ou hémocyanine. E. Couvreur¹ a montré que cette hémocyanine est bien un composé cuivrique défini, et possède certaine des propriétés de l'hémoglobine. Frédéricq lui attribue un rôle analogue à celui de l'hémoglobine des vertébrés, mais la légitimité de ce rapprochement a été contestée par Dhéré² qui s'appuie sur ce fait notamment que, par l'action de la chaleur et de l'alcool sur l'hémocyanine, le produit obtenu n'est pas comparable à l'hématine. La question est donc pendante encore.

Les branchies de la moule sont des organes pairs situés de chaque côté du pied, le long de la paroi interne du manteau. Elles sont constituées par quatre feuillets de chaque côté, et chaque feuillet se compose de nombreux filets branchiaux garnis de cils vibratils entre lesquels l'eau peut circuler.

Considérée dans son ensemble, la branchie a l'aspect d'une lame continue, étalée dans le sens perpendiculaire à sa longueur. Les cils vibratiles déterminent par leurs mouvements un courant ascendant dirigé vers la bouche.

¹ Sur le sang des mollusques gastéropodes marins (*Comptes rendus Biologie*, 1903). — Note sur le sang de l'escargot (*ibid*, 1900). — Sur quelques dérivés de l'hémocyanine (*ibid*, 1903).

² Action de l'alcool et de la chaleur sur l'hémoglobine (*Comptes rendus Biologie*, 1903).

Quant aux petits organes godronnés que l'on remarque de chaque côté des branchies, et dont Pelseneer voulait faire un organe respiratoire accessoire, ils ne constituent, en dernière analyse, qu'une apparence d'organe, produite par la saillie des branchies et des vaisseaux voisins (Boutan).

Le sang qui a circulé dans les différents organes est apporté aux branchies, où il s'hématose, par un sinus veineux afférent. Il s'en retourne par un sinus efférent en communication avec la veine afférente de l'oreillette. Le canal central qui occupe l'axe du filet branchial n'a qu'un très faible calibre et est obstruée en partie, par des fibres conjonctives. La circulation du sang dans l'intérieur de ce canal serait facilitée par le jeu des disques branchiaux, organes intermédiaires entre les muscles et les cils vibratiles, auxquels Sabatier a attribué une grande importance.

Nous avons vu précédemment, enfin, que tout le liquide sanguin ne passait pas par les branchies.

Excrétion. — La moule élimine les déchets de la nutrition par deux organes : d'une part l'hépatopancréas, d'autre part le rein ou organe de Bojanus.

La fonction excrétoire du foie n'a pas été étudiée chez *Mytilus* en particulier, mais elle présente les mêmes caractères généraux chez tous les mollusques, et est bien connue depuis les travaux de Frenzel, Barfurth, Enriquez, Cuénot.

On sait que dans l'intervalle des repas les mollusques rejettent des débris de cellules, englués dans du mucus. Ils constituent de longs filaments colorés, qu'il est facile de retrouver dans un aquarium et qui représentent les fèces.

Ces filaments ont été formés dans le foie, puis rejetés dans l'intestin. Après avoir séjourné un certain temps dans le rectum, ils sont finalement expulsés au dehors par l'anus.

C'est bien le foie qui est le lieu de leur formation chez les Gastropodes. En effet : 1° Les dimensions du filament central, entouré par le mucus, montrent qu'il a pris naissance dans un conduit bien plus étroit que l'intestin sur lequel il s'est moulé ; 2° En sacrifiant des *Hélix* en pleine digestion, Barfurth a pu se rendre compte que le canal excréteur du foie et ses plus fins affluents sont remplis d'une bouillie grisâtre. Or, si l'on donne aux *Hélix* une alimentation colorée, la bouillie en question et le filament central des fèces se colorent de façon absolument identique ; 3° Cuénot a démontré que l'on rencontre dans les fèces de la seiche deux principaux éléments : de grandes vacuoles à liquide jaunâtre ou rosé, renfermant presque toujours une concrétion irrégulière brune ou rouge ; des masses ovoïdes entourées d'une gangue incolore qui renferment toutes sortes de grains et de boules incolores, jaunes ou rouges, et de grands cristaux en aiguilles. Les premiers de ces éléments proviennent sans contestation possible des cellules vacuolaires du foie, les seconds des cellules à boules.

Tout en reconnaissant l'origine hépatique de ces éléments, Frenzel et Enriquez ont contesté leur caractère de produits de dénutrition, et les considèrent comme des diastases non employées lorsque l'animal est à jeun. Cuénot objecte que l'alternance régulière entre la sécrétion d'un liquide digestif incolore au moment des repas, et le rejet de débris hépatiques colorés dans les intervalles de ceux-ci, montre bien que le foie a une double fonction : diastasique

et excrétrice. Pour parfaire sa démonstration il injecte une solution d'Iodgrün dans le torrent circulatoire de ses seiches. Vingt-quatre heures après, on retrouve l'Iodgrün dissous dans les vacuoles des cellules vacuolaires qui sont vivement colorées en vert. Par contre, les cellules à boule ne présentent pas de coloration. Cuénot conclut en dernière analyse que les cellules vacuolaires, susceptibles de retirer du sang des substances inutiles, sont des éléments nettement excréteurs. Quant aux cellules à boules, elles fabriquent aussi des produits de déchet à n'en pas douter, mais leur non-coloration par l'injection physiologique d'un colorant montre que leurs inclusions sont des résidus de l'activité propre de la cellule hépatique et non des produits d'excrétion retirés du sang.

Les conclusions de Cuénot ont été confirmées par Mayer et Rathery en 1907, au moyen d'une méthode différente. Après injection veineuse d'urée, de chlorure de sodium, etc., ces auteurs ont constaté l'abaissement du point de congélation du foie. C'est donc que le foie a retenu une partie des corps dissous en excès dans le sang.

Passons maintenant au rein. L'injection d'une matière colorante dans le sang le colore comme le foie. L'Iodgrün, par exemple, le colore en vert. A. Letellier, dans une thèse remarquable¹ a étudié les éléments chimiques de la sécrétion de cet organe. Comme substances minérales, on y trouve du chlorure de sodium. Les albuminoïdes sont représentés par une albumine très abondante, qui se rapproche de l'albumine de l'œuf de poule, tout en en différant

¹ A. Letellier, *la Fonction urinaire chez les lamellibranches* (thèse de Paris, 1887).

par quelques caractères. Les corps gras sont nombreux quoique en proportions moindres : oléine surtout, puis stéarine, margarine et peut-être lécithine. Il y a également de l'acide butyrique et de l'acide valérianique à l'état de traces; enfin, une graisse propre à la moule, soluble dans l'alcool et dans l'eau. L'extrait alcoolique renferme de la créatine et de la créatinine, de la xanthine et de l'hypoxanthine. La mucine existe à l'état de traces dans la sécrétion bojanienne.

Nous n'avons pas à revenir sur l'anatomie du foie. Les reins ou organes du Bojanus constituent deux sacs allongés, situés de chaque côté du pied. Ils s'ouvrent à l'extérieur, à peu près en leur milieu, par un petit orifice, et communiquent d'autre part avec la cavité péricardique. Comme nous l'avons vu précédemment, les organes sont constitués par un tissu spongieux, véritable éponge sanguine. Nous savons en effet que le sang avant de retourner à la branchie passe en grande partie par l'organe de Bojanus. Le tissu conjonctif est rempli de sang et tapissé superficiellement par un épithélium cubique à cellules très caractéristiques. Ces grosses cellules renferment dans leur intérieur, tantôt des granulations, tantôt des concrétions nombreuses.

La paroi des oreillettes de la moule a une teinte brunâtre qui est due à la présence de glandes spéciales que l'on désigne sous le nom de glandes péricardiques, et qu'on doit considérer comme une annexe des organes excréteurs puisqu'on y a constaté une excrétion d'acide hippurique. Le rôle de ces glandes péricardiques n'est cependant pas suffisamment établi pour qu'on puisse le définir avec une entière cer-

titude. Elles représentent peut-être aussi des glandes sanguines chargées de la formation des éléments figurés du sang (Boutan).

Nous avons vu (p. 21) que chez les lamellibranches, et par conséquent chez la moule, d'après R. Dubois, le filament excréteur prend naissance, non dans l'hépatopancréas, mais à l'extrémité du stylet ou tige cristallisée qui fournit le mucus agglutinatif.

FONCTIONS DE RELATION

Mouvement. — La physiologie générale du muscle semble avoir été peu étudiée chez *Mytilus*. Nous ne connaissons que deux notes de F. Marceau¹. La première étudie les rapports de la durée du temps perdu avec les charges à soulever. Le temps perdu augmente légèrement avec la valeur des poids à soulever, contrairement à ce qui se passe chez les mammifères. Ceci tient à ce que la fatigue apparaît très vite chez les mollusques. Si l'on inscrit une série de secousses avec un muscle tendu, même par un poids assez faible, le temps perdu augmente graduellement chez les mollusques alors qu'il reste constant chez les mammifères. Dans une autre note, F. Marceau établit que la rapidité de la contraction des fibres musculaires est en rapport avec l'angle de croisement des fibrilles. Chez *Ostrea*, par exemple, où l'angle de croisement est élevé, la contraction est rapide. Chez *Mytilus*, où l'angle est faible, la contraction est lente.

¹ *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1904 et 1906.

Les *groupes musculaires* les plus importants de la moule sont au nombre de quatre. Ce sont : 1° les muscles palléaux, composés de petits faisceaux musculaires disposés en bande sur tout le bord libre et le bord dorsal du manteau, et perpendiculaires à ces bords. Ces petits faisceaux s'anastomosent obliquement entre eux. Dès qu'ils se contractent, les bords du manteau et les festons papillaires, qui normalement sont étalés en dehors des valves, sont tirés en dedans de la coquille, de manière à ce que l'animal puisse la fermer hermétiquement. Sabatier pense que les replis papillaires, pressés les uns contre les autres, contribuent à fermer la cavité manteau et à y retenir une certaine quantité d'eau nécessaire à la vie de l'animal; 2° les muscles rétracteurs du pied, au nombre de quatre; deux antérieurs volumineux qui vont s'insérer un peu en arrière de l'extrémité antérieure de la charnière; deux postérieurs, longs et aplatis, qui appartiennent exclusivement au pied; 3° les muscles du byssus constitués par un éventail de quatre ou cinq faisceaux, partant de la base du byssus pour venir s'insérer au-dessus du muscle adducteur inférieur. Les muscles rétracteurs antérieurs du pied et des muscles du byssus constituent par leur ensemble un X musculaire, et la masse du corps de la moule est comprise dans l'intervalle de ses branches. Le point central est à la base du pied et du byssus. On comprend quelle peut être l'action de ce groupe de muscles, soit pour rapprocher l'animal de l'extrémité du byssus qui se fixe à l'extérieur, et par conséquent pour diminuer sa mobilité, soit pour rapprocher les deux valves; 4° les muscles adducteurs des valves qui sont les principaux des muscles destinés à fermer la coquille. Ils

s'étendent transversalement de la face interne d'une valve à l'autre. L'un est supérieur, petit et faible. L'adducteur inférieur est au contraire un muscle puissant (Boutan).

Depuis longtemps les zoologistes avaient remarqué dans les muscles adducteurs deux parties hétérogènes, une partie blanche nacrée et une partie jaunâtre ou vitreuse. Marceau¹ a montré que ces différences anatomiques sont en rapport avec des fonctions différentes. Le muscle principal, d'aspect vitreux, formé de fibres striées anastomosées, opère par sa contraction la fermeture des valves. Quant à la partie nacrée, c'est un ligament élastique comparable au ligament élastique de la charnière, qui tend à ouvrir les valves, qui est par conséquent l'antagoniste de ce dernier. C'est la *tonicité de ce ligament* qui permet à la moule de maintenir fermées ses valves pendant une huitaine de jours comme elle a la force de le faire. On a vu que les muscles des lamellibranches, en général, se fatiguent rapidement lorsqu'ils sont en état de contraction et ne peuvent rester longtemps dans cet état. Ce qui le prouve encore c'est que les mollusques qui ne possèdent pas de muscle nacré (Solen, Lutraria) ne peuvent rester fermés que peu de temps.

Locomotion. — L'embryon de la moule, muni de cils vibratiles, se déplace par le jeu de ces cils.

L. Vidal² attribue à la moule adulte deux modes de locomotion bien différents. « Elle peut d'abord, dit-il, ramper sur n'importe quels plans verticaux ou obliques, sur n'importe quelle surface abrupte, au moyen de con-

¹ *Loc. cit.*

² *Loc. cit.*

tractions de son pied. » Pour marcher, la moule avance son pied, le dilate aussi bien qu'elle peut, fixe là un fil sur lequel elle se hâle en contractant ce pied. Puis, le reportant encore en avant par une dilatation nouvelle, et fixant un nouveau fil, se tire de nouveau jusqu'au dernier point d'attache, de telle sorte que la trace du chemin suivi par la moule se trouve indiquée par une succession de fils reliés entre eux et n'en formant qu'un seul ; c'est une vraie reptation à l'aide des dilatations et contractions successives du pied. La marche de ce mollusque, sans être très rapide, n'est pas cependant aussi lente qu'on pourrait le croire ; j'ai vu de petites moules parcourir en quelques minutes une distance de 1 mètre environ sur une surface vernissée où aucune rugosité ne facilitait la fixité du pied au moment de la contraction. Exception faite du rôle du fil de soie, le mécanisme de la locomotion chez la moule est fondamentalement le même que celui qui a été décrit par MM. Raphaël Dubois et Fred Vlès chez les Gastropodes¹.

Mais il est autre chose encore. On sait qu'une moule qui a perdu son eau, pèse plus de moitié moins et peut, grâce au vide produit intérieurement, flotter sur la mer. Cette faculté serait, selon Vidal, utilisée par de jeunes moules qui s'abandonnent ainsi au courant et se font entraîner à de longues distances. A cette objection : comment une moule peut-elle rejeter son eau, Vidal répond que cela n'arrive que dans des circonstances particulières. « Il faut que la moule se trouve hors de l'eau. Or le cas n'est pas rare. C'est au moment des basses eaux et lorsque les

¹ Raphaël Dubois et Fred Vlès : Locomotion chez les Gastropodes (*C. R. de l'Acad. des Sc.*, CXLIV, p. 658, 1907).

moules sont laissées à sec, qu'une moule accidentellement détachée, perd son eau, et le flot, en retournant, la retrouve vide et capable de flotter. Le courant l'entraîne, et elle ne rouvre ses valves que lorsqu'elle heurte un point d'arrêt où il lui est possible de fixer sa nouvelle demeure. »

Ceci posé, il n'en reste pas moins vrai que la moule reste fixée à l'égal d'un végétal pendant la plus grande partie de son existence. La fixation est obtenue grâce à un organe particulier; le byssus, dont nous avons parlé à plusieurs reprises déjà. Voici le moment venu de l'étudier plus en détail.

Le byssus apparaît à première vue comme un enchevêtrement de filaments sans nombre, tous terminés par une petite plaque adhésive. Il comprend en réalité deux parties distinctes : l'axe et les lamelles. L'axe est une masse conique terminée en pointe mousse dans sa partie la plus éloignée du pied. Dans sa partie proximale, on distingue au contraire, après arrachement, une série de lamelles. Sur une coupe, on constate que ces lamelles se soudent rapidement entre elles lorsque l'on s'éloigne de la surface pédiéuse. Finalement, elles forment une masse unique qu'on appelle la tige. A cette tige viennent s'ajouter des filaments nombreux, et quoique cette disposition ne soit pas générale, on peut se représenter les filaments du byssus comme prenant tous naissance le long de l'axe sur une même ligne.

Les lamelles sont secrétées par des lames qui représentent la glande fondamentale du byssus. Les lames sont constituées par une couche de tissu conjonctif au milieu de laquelle se trouve un nombre considérable de glandes unicellulaires. Elles aboutissent toutes au niveau de l'épithélium sous-

jacent à la lamelle. Ce sont ces glandes qui sécrètent aussi la matière collante qui constitue les filaments du byssus.

Les lames sont renfermées dans l'intérieur d'une cavité profonde. Cette cavité communique également avec un sillon qui suit la languette du pied dans toute son étendue. Avant d'arriver à l'extrémité de la languette, ce sillon aboutit dans une cavité semi-circulaire, sorte de dilatation terminale. Le filament du byssus, sécrété par les lames, se forme par l'intermédiaire du sillon. Si en effet, au moment où la moule est occupée à fixer l'un de ses filaments, on sectionne transversalement la languette, les coupes pratiquées montrent ensuite la présence du filament dans toute la longueur du sillon.

Comment la moule arrive-t-elle à fixer les filaments? Le mollusque allonge la languette pédieuse jusqu'à l'endroit où il veut fixer la plaque adhésive qui termine le filament; la languette est tournée de manière à ce que la cavité semi-circulaire soit placée à la surface du corps sur lequel l'adhésion va se produire. C'est de la cavité semi-circulaire que provient la plaque adhésive. On voit sortir de l'intérieur de la cupule un liquide blanchâtre et pâteux que l'animal étale en couches minces, à l'aide de mouvements circulaires répétés. L'action produite par l'animal est la même que lorsque l'on fait couler de la cire à cacheter à la surface d'une enveloppe, et qu'on la presse ensuite à l'aide d'un cachet (Boutan).

Ce n'est qu'au moment où la moule se fixe qu'elle file son byssus. La résistance de cet organe, susceptible de variations avec l'agitation plus ou moins grande des eaux, peut devenir considérable. Vidal a pu soulever des pierres de 15 kilo-

grammes en saisissant seulement l'une des moules qui y était fixée. Quand la moule est solidement attachée, elle ne travaille plus à faire de nouveaux fils, mais un accident quelconque vient-il à la détacher entièrement ou à briser une partie de ses liens, elle recommence inlassablement son travail.

Vidal a encore remarqué qu'à l'aide de son byssus la moule sait fixer à propos tous les corps solides, coquillages, etc., qui tombent à sa portée sur les fonds vaseux où elle ne trouve aucun point d'appui. Elle s'en ferait comme une grappe dont chaque objet lui est relié par un fil. Elle parvient ainsi à s'alourdir suffisamment pour se défendre contre les courants qui, sans ce lest, l'emporteraient.

Physiologie nerveuse. — Nous ne l'avons trouvée nulle part étudiée.

Le système nerveux de la moule comprend, comme celui de tous les acéphales, trois centres principaux. Ce sont : 1° le centre sus-œsophagien formé par deux ganglions cérébroïdes, réunis par une commissure qui passe au-dessus de la bouche. Il fournit des nerfs à la partie supérieure du corps du mollusque et au manteau ; 2° le centre pédieux, qui comprend également deux ganglions réunis par une courte commissure et n'innerve que le pied ; 3° le centre viscéral, situé sur la face ventrale du muscle adducteur inférieur. Il est également formé par la réunion de deux ganglions réunis par une commissure souvent virtuelle, et innerve les branchies, les organes génitaux, les reins et la partie inférieure du manteau.

Les trois centres précités sont unis deux par deux au

moyen de deux paires de connectifs (cérébro-pédieux et cérébro-viscéraux), formant ainsi deux colliers nerveux autour du tube digestif. Les deux connectifs cérébro-pédieux et cérébro-viscéraux sont soudés sur une faible partie de leur trajet. Ceci constitue une particularité importante.

Organes des sens. — Les organes des sens sont peu développés chez la moule. Les yeux, qui sont représentés aux stades larvaires, ainsi que les otocystes, n'existent pas chez l'adulte. L'organe du tact existe cependant et est particulièrement développé sur les palpes labiaux, le pied et les bords du manteau.

On doit également signaler chez la moule un organe hypothétique qu'il ne faut pas confondre avec les organes godronnés dont nous avons parlé précédemment. Cet organe (organe palléal ou osphradium) est constitué par un renflement ganglionnaire, situé sur chacun des deux grands nerfs qui se détachent de la masse viscérale, au niveau du repli de la branchie. Il est formé par un épithélium élevé au-dessous duquel se trouvent quelques lacunes. Quelques auteurs lui attribuent le rôle d'organe olfactif (Boutan).

FONCTIONS DE GÉNÉRATION

Reproduction. — La moule a été considérée longtemps comme un animal hermaphrodite. Les sexes sont en réalité bien séparés, et s'il est impossible de distinguer extérieurement les moules mâles des moules femelles, il n'en est pas de même lorsqu'on ouvre la coquille. Le man-

teau des mâles a toujours en effet une coloration rouge ou brique, le manteau des femelles est blanc ou blanc légèrement jaunâtre.

Les organes génitaux n'occupent pas exactement chez *Mytilus*, comme chez les autres acéphales, la bosse dite de Polichinelle. Ils se développent également, comme nous venons de le voir, dans les lobes du manteau. Il y a deux orifices excréteurs bien distincts de ceux des reins, comme l'a démontré Lacaze-Duthiers, l'un à droite, l'autre à gauche. Malgré cela, il ne faudrait pas croire que l'on a affaire à un organe pair. La fusion est complète chez l'adulte entre les deux organes droit et gauche.

La disposition de la glande mâle et de la glande femelle est tout à fait comparable. Chacune de ces glandes est une glande acineuse, à cæcums extrêmement ramifiés. Après s'être étalées dans le manteau et la bosse de Polichinelle, les diverses ramifications finissent par constituer un oviducte de chaque côté. L'orifice vient s'ouvrir sur une espèce de papille où aboutit également l'orifice rénal.

Les œufs ne sont pas incubés, chose qui est presque de règle cependant chez les acéphales, entre les lamelles branchiales des femelles. Les moules femelles évacuent directement les œufs avant la fécondation, les mâles laissent couler la semence sous forme de jets blanchâtres, et la fécondation s'opère dans l'eau de mer, au gré des courants.

Embryologie et développement. — Ils ont été bien étudiés par Sabatier, Lacaze-Duthiers, Milne-Edwards, Boutan. M. L. Boutan les résume ainsi :

L'œuf se divise en deux sphères inégales et la segmen-

tation est irrégulière dès l'origine. La plus petite sphère se divise rapidement en un grand nombre de micromères. La plus grosse sphère, qui contient une forte proportion de vitellus nutritif, contribue également à la formation des micromères et se segmente finalement en quatre grosses cellules qui représentent l'endoderme primitif.

Les micromères enveloppent peu à peu les grosses cellules, constituant ainsi une gastrula par épibolie. On ne peut cependant pas rattacher complètement à cette forme de gastrula la gastrula de la moule, car il se produit en même temps une invagination des grosses cellules. Nous avons donc, pour la formation de la gastrula de la moule, un type intermédiaire entre l'épibolie et la gastrula par invagination.

Le mésoderme se forme à l'aide de deux initiales mésoblastiques, constituées aux dépens de l'endoderme dans le voisinage du blastopore qui s'est formé par l'invagination des cellules de l'endoderme.

La gastrula s'organise en une larve ciliée qui présente des caractères remarquables.

Presque à l'opposé du blastopore se constitue le voile qui est à bord entier et non lobé, et présente chez la moule, outre la couronne ciliaire, un long flagellum central. En arrière du blastopore, s'invaginent les glandes coquillières, dont l'étalement ultérieur donne naissance à deux parties symétriques calcifiées, avec une zone médiane représentant la future charnière. La coquille paraît donc avoir une origine unique, comme chez les gastéropodes, et les deux valves se constituent par défaut de calcification sur la ligne médiane.

Au-dessous du voile, on ne tarde pas à voir se former une éminence qui représente le pied dans lequel se creuse une invagination ectodermique : la glande du byssus.

Enfin, lorsque les deux valves de la coquille se sont étendues de manière à envelopper l'animal, on aperçoit par transparence le muscle adducteur supérieur en voie de formation. C'est ce muscle qui fait le premier son apparition. Le fait est remarquable, car on sait que chez la moule adulte le muscle adducteur inférieur est beaucoup plus développé. Les branchies font leur apparition de chaque côté du pied, sous forme de petits mamelons isolés.

Le développement de la moule est direct et l'on ne constate pas chez elle les curieuses transformations que l'on observe chez les formes telles que l'Anodonte ou l'Unio, où la larve (Glochidium) devient parasite dans la branchie des poissons.

FONCTIONS DE PROTECTION

On pourrait faire rentrer dans cette dernière catégorie la fonction d'arrêt du foie que nous avons étudiée déjà, mais la plus importante des fonctions de protection c'est la sécrétion de la coquille, organe protecteur de tous les instants.

La coquille de *Mytilus*, comme celle de tous les mollusques d'ailleurs, est sécrétée par un épithélium à cellules cylindriques non ciliées, qui constitue la couche la plus extérieure du manteau. Ces cellules sécrètent d'abord la conchyoline, puis la nacre, qui sont les deux substances essentielles. Dans une remarquable étude¹, M. le professeur

¹ Raphaël Dubois, Contribution à l'étude des perles fines, de la nacre et des animaux qui les produisent (*Annales de l'Université de Lyon*, 1909).

R. Dubois a étudié les processus physiologiques en jeu. Nous ne pouvons mieux faire que de lui céder la parole.

Formation de la coquille. — Sous le rapport de la structure générale, la coquille de la moule ne diffère pas de celle des autres mollusques lamelibranches nacriers. On y rencontre de dehors en dedans :

1° La *couche externe* ou cuticulaire, mais, chez la moule, le périostracum ou épiderme cochléaire est remplacé par une couche porcelanée, comme chez certains autres mollusques.

2° Au-dessous de cette dernière, on rencontre la *couche pigmentaire* fortement chargée d'un pigment bleu ardoisé foncé. Par un mécanisme des plus curieux, mais encore inexpliqué, ce pigment peut passer dans la coquille des huîtres qui se développent à la surface de la moule. M. Raphaël Dubois a décrit ce singulier phénomène et a montré, en outre, que non seulement l'huître peut prendre la couleur de la moule lui servant de support, mais encore son véritable galbe¹.

3° La troisième couche est celle qui recouvre celle des prismes : c'est la *couche calcaire*.

4° Enfin, des assises plus minces et brillantes constituent la *couche de nacre* proprement dite : cette dernière est peu épaisse et porte aussi le nom de *couche des fibres*.

¹ Voir Raphaël Dubois : Isomorphisme et isochromatisme symbiotiques chez certains lamellichanches marins (*Bulletin de l'Institut général de psychologie*, 9^e année, n° 4, 1909).

M. R. Dubois a montré¹ qu'entre la couche calcaire et celle de la nacre il n'y a aucune ligne de démarcation tranchée et les différences de structure entre l'une et l'autre sont plus apparentes que réelles. Les prismes de la couche moyenne et les fibres de la nacre sont formés de la même manière : ils se continuent sans transition brusque et sont constitués par des disques empilés renfermés dans des gaines de conchyoline et séparés les uns des autres par de fins diaphragmes membraneux de conchyoline formant des cloisons transversales, le plus souvent incomplètes.

Ces disques résultent de la déformation par pression d'éléments migrants organico-minéraux, constitués par une matière organique qui n'est pas de la conchyoline, et, principalement, par du carbonate de chaux. Les gaines, les prismes, au contraire, sont formés de conchyoline sécrétée par les cellules étoilées de l'épithélium fenêtré du manteau. Les branches de ces cellules étoilées, en se réunissant par leurs extrémités les unes aux autres, limitent des espaces polygonaux qui servent de matrice aux gaines prismatiques. C'est en s'infiltrant au travers de ces fenêtres polygonales que les cellules migratrices organico-calcaires viennent s'empiler dans les gaines et se transforment en disques à contours prismatiques.

Les perles des moules dont il sera question à propos des maladies parasitaires de ce mollusque se forment par le même mécanisme que la nacre. Leur formation exige également le concours de deux éléments distincts : 1 les cellules épithéliales sécrétant la conchyoline des gaines prismatiques,

¹ Raphaël Dubois, Contribution à l'étude des perles fines, de la nacre et des animaux qui les produisent (*Annales de l'Université de Lyon*, 1909).

et 2° les cellules migratrices organico-minérales qui remplissent ces prismes alvéolaires. La seule différence existant entre la formation de la nacre et celle de la perle est que cette dernière se forme dans l'épaisseur des parties molles autour d'un corps étranger servant de centre ou de noyau¹.

¹ Voir plus loin *Maladie perlière de la moule*.

CHAPITRE II

LE GLYCOGÈNE ET SES VARIATIONS

TECHNIQUES. — C'est de la méthode chimique presque exclusivement que nous nous sommes servi pour la recherche du glycogène et l'étude de ses variations. Nous avons cependant coloré directement ce corps par l'iodo-iodure de potassium dans le manteau, l'hépatopancréas et dans différents muscles de la moule. Il suffit de faire un frottis dans le cas de l'hépatopancréas, qui est un organe mou, de dissocier dans le cas du muscle, et de monter directement dans la solution iodée. On peut constater alors au microscope que le glycogène se présente sous forme de granulations plus ou moins volumineuses dont les plus petites sont à la limite de la visibilité. Ces granulations sont d'ailleurs beaucoup plus nombreuses dans l'hépatopancréas que dans les muscles.

Quant à nos dosages, ils ont été effectués suivant deux techniques : 1^o méthode Bierry-Gruzewska ; 2^o méthode Fraenkel-Garnier. La méthode de Brücke aurait été sans contredit la plus précise, mais outre qu'elle est très délicate

à manier, elle exige une série d'opérations fort longues. La précision fournie par les deux méthodes auxquelles nous nous sommes arrêté nous a paru bien suffisante, d'autant plus que seules les variations un peu considérables du glycogène sont intéressantes pour nous qui avons voulu faire œuvre pratique.

MÉTHODE BIERRY-GRUZEWSKA. — Son principe est le suivant : détruire dans les tissus, tout en respectant le glycogène, les matières réductrices et celles susceptibles de le devenir après hydrolyse acide, hydrolyser le glycogène par un acide minéral qui le transformera en glucose, enfin conclure de la quantité de glucose trouvée à la quantité de glycogène. La destruction des matières réductrices ou susceptibles de le devenir, est réalisée par le chauffage à 120 degrés des tissus broyés. en présence de potasse à 35-50 pour 100. « Le traitement par la potasse, écrivent Bierry et M^{lle} Gruzewska¹, répond à un double but : solubiliser parfaitement les tissus employés, puis détruire, tout en respectant le glycogène, les matières réductrices ou celles susceptibles de le devenir après hydrolyse acide. On se débarrasse ainsi des dextrines, du glucose, du maltose, des jécorines, des composés glycuroniques. Le sucre combiné susceptible d'être apporté par le sang est également détruit dans ces conditions. » Nous nous sommes assurés pour notre part que la mucine de la moule, corps susceptible de donner naissance par hydrolyse à de la glucosamine

¹ Nouvelle méthode de dosage du glycogène dans le foie (*C. R. Ac. Sc.* du 23 décembre 1912).

réductrice, et par conséquent d'être dosé comme glycogène, était détruite par le traitement potassique.

« On peut objecter, écrivent plus loin Bierry et Gruzewska, qu'on obtient non seulement les corps réducteurs qui proviennent de l'hydrolyse du glycogène, mais aussi de l'hydrolyse des matières albuminoïdes et, en particulier, des nucléoprotéides. Les travaux de Wolgemuth et de Neuberg ont en effet montré que les protéides hépatiques étaient susceptibles de donner du l.-xylose. Dans des expériences faites avec des nucléo-protéides extraits du foie de chien, nous avons trouvé des chiffres voisins de ceux indiqués par ces deux auteurs, mais dans les conditions où nous opérons, les nucléo-protéides se détruisent en partie, et la quantité de l.-xylose correspondant à 25 grammes de foie, quantité bien suffisante pour un dosage, est inférieure à 0 gr. 006, chiffre qui ne peut pas apporter de changement sensible au dosage. Dans d'autres expériences, nous avons débarrassé le foie de son glycogène *in vitro*, et nous l'avons soumis à l'hydrolyse. Ici encore, l'étude des produits de l'hydrolyse complétée par l'étude des combinaisons hydraziniques nous a montré que ces substances n'apportent pas de perturbation au procédé de dosage que nous proposons. »

Ceci posé, les différents temps de l'opération sont les suivants : *a*) le tissu où l'on veut doser le glycogène est pesé, broyé, solubilisé dans la potasse, puis porté à l'autoclave à 120 degrés; *b*) après refroidissement, la liqueur potassique est neutralisée, puis additionnée d'un acide minéral, et portée une deuxième fois à l'autoclave à 120 degrés; *c*) on neutralisé de nouveau la liqueur, puis

on y précipite les protéiques en vue du dosage du glucose (défécation); *d*) on procède au dosage du glucose qui s'est formé par action de l'acide.

Voici maintenant des détails sur la façon dont nous avons appliqué cette méthode à la moule et les différentes manipulations nécessaires.

1° *Préparation de la moule.* — Le mollusque doit toujours être ouvert par la face ventrale de façon à ne léser aucun organe. On se sert pour cela d'un couteau à huitres. S'il s'agit d'effectuer un dosage sur la pulpe de moule entière, on la détache alors en introduisant, au-dessous du manteau, un scalpel qui sectionnera la surface d'insertion du manteau et celles des différents muscles. S'il ne s'agit que de détacher un organe, on s'adressera au scalpel et aux ciseaux.

2° *Pesée.* — Tels qu'on les retire de la coquille, la pulpe ou les organes de la moule ne peuvent être pesés directement. Ils sont encore imprégnés en effet d'une quantité d'eau de mer relativement considérable qui introduirait une cause d'erreurs. Le meilleur moyen pour s'en débarrasser consiste à disposer au-dessus d'un entonnoir un grillage quelconque et à y étaler les moules : il ne s'écoule plus aucun liquide au bout de quelques minutes ; on peut alors effectuer la pesée et inscrire le poids que l'on veut employer au dosage : 25 grammes suffisent largement. Pour plus de précautions, l'animal peut être plongé dans l'eau bouillante de façon à tuer la glycogénase qui, au cours du broyage, pourrait transformer en sucre une petite quantité de glycogène.

3° *Broyage.* — Les tissus sont broyés dans un mortier

avec la plus petite quantité possible de sable de grès de Fontainebleau bien pur (15 grammes environ pour 25 grammes de moule). Le tout est ensuite introduit dans un matras. Le mortier et le pilon qui ont servi au broyage sont soigneusement nettoyés avec la solution potassique à 35-50 pour 100 qui est alors versée dans le matras. Nous prenions autant de centimètres cubes de cette solution que nous employions de grammes de tissu : ainsi pour 25 grammes de tissu nous prenions 25 centimètres cubes de solution potassique. A l'ensemble pulpe broyée + solution potassique nous avons toujours ajouté le liquide riche en glycogène qui s'écoule des tissus après ébouillantage.

4° *Traitement par la potasse.* — Il comprend deux temps : a) Solubilisation des tissus ; b) Chauffage à 120 degrés. La solubilisation s'effectue très facilement en chauffant le matras au bain-marie bouillant. Vingt à trente minutes de chauffage suffisent si le broyage a été bien fait. Quant au chauffage à 120 degrés, qui doit durer trente minutes également, il se fait dans une autoclave et demande les précautions usuelles en pareil cas.

5° *Neutralisation.* — Après refroidissement, la liqueur potassique contenue dans le matras est versée dans un verre à pied et doit être neutralisée par un acide minéral. C'est à l'acide chlorhydrique que nous nous sommes adressés. La neutralisation effectuée, on verse sur un filtre gris le contenu du verre. Matras et verre sont soigneusement lavés avec de l'eau, et l'on verse les eaux de lavage successives sur le filtre. Le filtre est finalement pressé avec son contenu au moyen d'une petite presse de Claude Bernard ; le liquide résultant, filtré, est réuni au liquide

égoutté du premier filtre, qui, complété si besoin en est à 100 centimètres cubes, se trouve ainsi prêt pour l'hydrolyse.

6° *Hydrolyse*. — Il suffit d'ajouter 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique au liquide en question et de porter le tout une deuxième fois à l'autoclave à 120 degrés pendant trente minutes environ, dans un matras.

7° *Neutralisation*. — Après refroidissement, la liqueur acide est versée, ainsi que l'eau qui a servi au lavage du matras (60 centimètres cubes environ) dans un verre à pied. On neutralise avec une solution de soude et l'on filtre si besoin en est. C'est ce liquide filtré qu'il faut maintenant déféquer.

8° *Défécation*. — Nous nous sommes toujours adressé pour la défécation de nos liqueurs au réactif de Patein, qui est actuellement regardé comme le meilleur des déféquants. Le nitrate mercurique (réactif de Patein) se prépare de la façon suivante : on additionne 220 grammes d'oxyde jaune de mercure fraîchement préparé de 300 centimètres cubes d'eau distillée, et l'on verse, en agitant, de l'acide azotique pur en quantité exactement suffisante pour dissoudre tout l'oxyde. On ajoute ensuite quelques gouttes d'une solution de soude jusqu'à apparition d'un léger précipité, et l'on complète à un litre avec de l'eau distillée ; puis l'on filtre. Le réactif ainsi préparé ne renferme pas d'acide azotique libre, et la quantité de sels mercuriels qu'il renferme est négligeable.

On verse dans le liquide à déféquer, avec précaution et goutte à goutte, le nitrate mercurique ainsi préparé jusqu'à ce que la précipitation des albuminoïdes soit complète,

puis on décante par filtration. Le filtre est lavé pour plus de sûreté avec un peu d'eau distillée.

Pour éliminer l'excès du déféquant, on verse goutte à goutte dans le liquide séparé du précipité, en agitant vivement, de la soude à 10 pour 100, en ayant soin de s'arrêter toutes les cinq ou six gouttes pour laisser le précipité se déposer. On cesse l'addition sodique lorsqu'une goutte de liquide éclairci ne rougit plus du tout le papier bleu de tournesol, mais il ne faut pas alcaliniser¹. » Le liquide filtré est alors complété, si besoin en est, à 300 centimètres cubes et additionné de 12 grammes de zinc pulvérulent. On laisse au contact un minimum de trois heures, mais un contact plus longuement prolongé (toute la nuit, par exemple) n'est pas nuisible. Au bout de ce temps, il ne reste plus qu'à filtrer, et le liquide obtenu est prêt pour le dosage du sucre. On en prendra 20 centimètres cubes et l'on rapportera au liquide total et à 25 grammes de pulpe.

9° *Dosage du sucre.* — Nous avons employé la méthode très précise de Mohr-Bertrand, que l'on trouve ainsi décrite dans le traité de chimie biologique de Bertrand et Thomas².

On commence pour préparer les quatre liqueurs suivantes :

<i>Liqueur cuivrique.</i>		<i>Liqueur ferrique.</i>	
Sulfate de cuivre pur . . .	40 gr.	Sulfate ferrique	50 gr.
Eau distillée . . . q. s. p.	1 litre.	Acide sulfurique	200 —
		Eau distillée . . . q. s. p.	1 litre.
<i>Liqueur sodique.</i>		<i>Liqueur permanganique.</i>	
Sel de Seignette	200 gr.	Permanganate de potasse.	5 gr.
Soude caustique	150 —	Eau distillée . . . q. s. p.	1 litre.
Eau distillée . . . q. s. p.	1 litre.		

¹ Mlle Bellion, *Contribution à l'étude de l'hibernation* (thèse de Lyon, 1909).

² *Guide pour les manipulations de chimie biologique.*

La liqueur ferrique ne doit pas réduire le permanganate. On s'en assure en y ajoutant avec précaution de la liqueur oxydante. Un faible changement de coloration doit apparaître déjà après quelques gouttes. Sinon, on verserait du permanganate jusqu'à ce que ce résultat soit atteint. La liqueur ferrique serait alors prête pour l'usage.

Ceci posé, quand on veut doser la quantité de sucre contenue dans une solution, on prend une fiole conique de 125 à 150 mètres cubes de capacité, et l'on y verse 20 centimètres cubes de la liqueur sucrée. Ces 20 centimètres cubes peuvent contenir jusqu'à 100 milligrammes de sucre réducteur, mais il est préférable qu'ils en renferment un peu moins. C'est entre 70 et 90 milligrammes que les résultats sont les plus précis.

On ajoute à la solution sucrée 20 centimètres cubes de liqueur, 20 centimètres cubes de liqueur sodique et l'on chauffe jusqu'à l'ébullition qu'on maintient exactement trois minutes. On évite une ébullition trop vive qui concentrerait trop le liquide.

Après les trois minutes d'ébullition, on retire la fiole du feu, on laisse déposer un instant l'oxydure rouge de cuivre, et on passe le liquide surnageant à travers un filtre d'amiante. La couleur de ce liquide doit indiquer nettement la présence d'un excès de cuivre. S'il en était autrement, c'est que la quantité de sucre contenue dans les 20 centimètres cubes serait trop grande, et il faudrait recommencer le dosage en diluant la liqueur sucrée.

Il est recommandé d'entraîner le moins possible l'oxydure de cuivre sur le filtre. Il y formerait un dépôt compact qui ne se dissoudrait plus avec toute la rapidité

désirable dans la liqueur ferrique que l'on emploie ensuite. Lorsque la liqueur surnageant le précipité d'oxydure de cuivre a été séparée, on délaie le précipité dans un peu d'eau ; on laisse déposer encore une fois et on décante le liquide de lavage sur le filtre. La fiole à filtration est alors vidée et rincée ; elle est prête à servir à la deuxième partie de l'opération, c'est-à-dire au dosage du cuivre réduit.

Ce dosage s'effectue comme suit : on dissout l'oxydure de cuivre dans la liqueur ferrique ajoutée peu à peu en remuant, en quantités suffisantes : 5, 10, 20 centimètres cubes. Le précipité passe instantanément du rouge vif au bleu noir, puis donne une solution limpide d'un beau vert d'eau. On verse cette solution sur le filtre pour dissoudre au passage la petite quantité d'oxydure qui y est retenue. Si celle-ci tarde trop à disparaître, on délaie un peu avec un agitateur la couche superficielle du filtre, pour augmenter les points de contact avec la liqueur ferrique, et on modère la vitesse de filtration en cessant de faire le vide. S'il est nécessaire, on ajoute encore quelques centimètres cubes de liqueur ferrique. Enfin quand tout l'oxydure est dissous, on lave la fiole à filtration et le filtre avec de l'eau distillée, puis on titre le liquide rassemblé dans la fiole à filtration avec du permanganate. Il faut opérer au voisinage de l'ébullition. Le virage est extrêmement net et se distingue aussi bien à la lumière artificielle qu'en plein jour ; la couleur passe du vert au rose avec une seule goutte de permanganate en excès. Souvent une partie notable de la dernière goutte oxydante est utilisée pour terminer la transformation du sel ferreux en sel ferrique, et il ne reste plus que juste assez de permanganate pour compenser la

teinte verte du liquide. Celui-ci semble alors se décolorer brusquement; si on ajoute une goutte de plus, on obtient une coloration rose intense.

Pour le titrage du permanganate on utilise de préférence l'oxalate d'ammonium. C'est un sel qui n'est ni efflorescent ni hygroscopique. On en pèse 250 milligrammes (ou une quantité voisine) qu'on met dans une capsule de porcelaine avec 50 à 100 centimètres cubes d'eau et 1 à 2 centimètres cubes d'acide sulfurique pur. On chauffe vers 60 à 80 degrés, et l'on verse la solution de permanganate jusqu'à coloration rose (environ 22 centimètres cubes). En multipliant le poids d'oxalate employé par 0,8951, on a la quantité de cuivre qui correspond au volume de solution de permanganate employée et on en déduit la quantité de cuivre qui correspond à 1 centimètre cube de cette même solution. Connaissant la quantité de cuivre qui correspond aux X centimètres cubes de permanganate employé, il suffit de se reporter à des tables établies par MM. Bertrand et Thomas pour trouver la quantité de sucre contenue dans 20 centimètres cubes.

10° *Passage du sucre au glycogène.* — Si p est le poids de sucre correspondant à un kilogramme de tissu de moules, le poids x de glycogène est égal à $p \times 0,927$.

MÉTHODE FRÆNKEL-GARNIER. — La méthode de Frænkel, modifiée par Garnier, exige une série d'opérations beaucoup moins longue que la précédente et elle est suffisamment précise néanmoins. C'est à cette dernière méthode que nous avons eu recours pour la plus grande partie de nos dosages, après avoir vérifié que les résultats obtenus

étaient à très peu de chose près les mêmes que ceux obtenus par la méthode Bierry-Gruzewska.

Ce sont les propriétés de l'acide trichloracétique, qui est à la fois solvant du glycogène et précipitant des albuminoïdes qui se trouve à la base de la méthode Frænkel. Il suffit en principe de mettre en contact intime avec l'acide en question les tissus où l'on veut doser le glycogène, puis de filtrer pour avoir un liquide ne renfermant que du glycogène et plus du tout de matières albuminoïdes. On précipite le glycogène de sa solution par l'alcool, et on purifie. Le détail des opérations, légèrement modifié par nous, est le suivant :

Préparation, ébouillantage et pesée des tissus comme précédemment. 20 à 25 grammes sont suffisants pour un dosage.

On broie à froid dans un mortier avec la plus petite quantité possible de sable de grès de Fontainebleau humecté par une solution d'acide trichloracétique à 4 0/0. Petit à petit l'on ajoute 40 à 50 centimètres cubes de la même solution, en même temps que l'on achève de broyer. Le broyage terminé, on laisse macérer pendant une heure au plus, tout en prenant la précaution de remuer de temps à autre. On filtre.

Le mortier et le pilon sont soigneusement lavés avec une vingtaine de centimètres cubes d'une seconde solution d'acide trichloracétique à 2 pour 100. La moitié environ, soit 10 centimètres cubes, est versée sur le filtre et contribue à l'épuisement parfait du tissu en glycogène; l'autre moitié sert, lorsque plus rien ne s'égoutte du filtre, pour une deuxième macération de ce filtre et de son contenu qu'il

est inutile de prolonger au delà d'une demi-heure. Finalement on décante cette deuxième macération, on presse le résidu à la presse de Claude Bernard et filtre le liquide exprimé. Les différents filtrats sont enfin réunis et le glycogène y est précipité par deux volumes d'alcool à 95 degrés.

Un petit filtre, desséché pendant une heure à 70 degrés, a été préparé d'avance et son poids p noté. Lorsque la précipitation du glycogène est terminée, on l'y recueille, lave ce glycogène avec de l'alcool à 60 degrés, jusqu'à disparition complète d'acidité, puis avec de l'éther pour le purifier. Après un nouveau séjour d'une heure à l'étuve à 70 degrés le filtre est pesé de nouveau. Si P est son poids à ce moment, $P-p$ est le poids du glycogène contenu dans le poids de tissu employé pour le dosage. On rapporte à 1 kilogramme de tissu.

Le produit extrait de *Mytilus galloprovincialis* de la Méditerranée, par la méthode Frænkel-Garnier, présente toutes les réactions du glycogène : opalescence des solutions, coloration rouge-brun avec l'iodo-iodure disparaissant sous l'influence de la chaleur et reparaissant par refroidissement, transformation facile en glucose par action des solutions d'acides minéraux à chaud. Il ne s'agit donc pas d'un corps voisin du glycogène, mais de glycogène bien typique.

VARIATIONS DU GLYCOGÈNE

Avec le sexe. — Les moules ne sont pas hermaphrodites, comme nous l'avons vu au précédent chapitre, et, sans avoir besoin de recourir au microscope, on reconnaît

facilement à la couleur de leur glande génitale les mâles et les femelles. Le manteau des moules mâles est rouge ou brique, celui des femelles est blanc ou blanc légèrement jaunâtre.

Nous avons dosé respectivement le glycogène sur des moules des deux sexes, à trois époques de l'année différentes : en hiver (saison qui correspond, comme nous le verrons plus loin, au minimum de la charge glycogénique), au printemps (saison de transition) et en été (saison qui correspond au maximum de la charge glycogénique). Ces moules ont toujours été recueillies au même endroit, soit à la partie moyenne d'une corde du parc de thalassiculture afin d'éviter l'influence possible des facteurs autres que le sexe, et voici les chiffres obtenus :

DATES	TENEURS EN GLYCOGÈNE		
	Moules ♂	Moules ♀	Différence en faveur des moules ♀
	gr. o/oo	gr. o/oo	gr. o/oo
Décembre 1913 . . .	12,000	34,857	+ 22,857
Mai 1914	41,800	55,560	+ 13,760
Août 1914	69,080	79,280	+ 10,200

Un coup d'œil jeté sur ce tableau permet immédiatement de conclure que les moules femelles sont, à toute époque de l'année, plus riches en glycogène que les moules mâles. La différence devient pourtant de moins en moins importante à mesure que la charge glycogénique générale de l'animal augmente. De 23 pour 1000 environ en hiver, elle passe en effet à 10 pour 1000 seulement en été, soit plus de moitié moins.

Un dosage de glycogène effectué le 5 août 1914 sur des

manteaux détachés de moules mâles et de moules femelles nous a donné enfin :

Manteau ♂.	99 gr. 000 0/00
— ♀.	112 gr. 600 —

Ceci fait une différence de 13 gr. 600 pour 1000 en faveur des manteaux femelles. Cette différence n'est pas énorme et prouve, puisque les organes génitaux de la moule sont localisés presque exclusivement dans le manteau de l'animal, que, d'autre part, les produits sexuels arrivent précisément à maturité vers le mois d'août, que les produits sexuels mâles sont à quelque chose près aussi riches en glycogène que les produits femelles. Comme nous le verrons plus loin, le manteau est d'ailleurs l'organe de la moule qui, en toute saison, est le plus riche en glycogène. Il y a donc une relation directe entre la teneur en glycogène de la moule et l'abondance des produits sexuels.

Disons enfin que dans l'étude de l'influence sur la charge glycogénique de tous les autres facteurs biologiques, nous avons pris soin de toujours éliminer, en prenant poids égal de moules mâles et de moules femelles, l'influence de la sexualité. C'est une chose dite une fois pour toutes, une règle à laquelle nous nous sommes régulièrement conformé, et nous n'y reviendrons pas.

Avec l'âge. — Nous avons dosé le glycogène, à la même époque de l'année, sur des moules ayant toujours vécu au même endroit du parc de thalassiculture du professeur R. Dubois dans les mêmes conditions biologiques, et respectivement âgées de 6, 10, 15, 20 mois et 3 ans. Ces

dosages ont été faits fin Juillet, au voisinage du maximum de la charge glycogénique, et voici nos résultats :

AGES DES MOULES		TENEURS EN GLYCOGÈNE
6 mois		62 gr. 750 0/00
10 —		85 gr. 050 —
15 —		100 gr. 550 —
20 —		88 gr. 400 —
3 ans.		82 gr. 200 —

Comme on le voit, le maximum de la teneur en glycogène est donc atteint, pour une même époque de l'année, par les moules de 15 à 20 mois. Au-delà de cet âge la teneur diminue lentement. Elle s'accroît au contraire, et plus vite, de 6 à 15 mois. Entre les moules de 6 mois et celles de 15 (minimum et maximum) la différence atteint 38 grammes 0/00 environ.

Sans préjudice des conclusions d'ordre pratique que nous tirerons de ces faits associés à d'autres, disons immédiatement que, comme l'influence de la sexualité, l'influence de l'âge devra être éliminée dans l'étude de l'influence d'un autre facteur, quel qu'il soit, sur la charge glycogénique. On y arrivera facilement en opérant toujours sur des moules de même âge.

Avec la saison. — On désigne sous le nom de saison un ensemble complexe de facteurs météorologiques dont le plus important est sans contredit la température. Nous donnons un tableau des variations de la température de l'eau de mer au parc de thalassiculture — lieu où nous avons fait nos prélèvements de moules, pour le courant de l'année 1914. Nous avons toujours fait deux mesures : l'une en surface, l'autre par 4 mètres environ de profondeur (fond du parc).

DATES	TEMPÉRATURES	
	Surface	Profondeur
5 janvier	+ 12 degrés	+ 11,5
12 janvier	+ 12 —	+ 12 degrés
19 —	+ 8,5 —	+ 8 —
26 —	+ 9 —	+ 9 —
3 février	+ 10 —	+ 9,5 —
16 —	+ 11,5 —	+ 11,5 —
27 —	+ 12,2 —	+ 12 —
9 mars	+ 12,2 —	+ 12,2 —
19 —	+ 12 —	+ 11,6 —
24 —	+ 12,3 —	+ 12,3 —
31 —	+ 13,2 —	+ 13,2 —
5 avril	+ 14,5 —	+ 14,5 —
12 —	+ 15,4 —	+ 15,5 —
21 —	+ 17 —	+ 16,6 —
1 ^{er} mai	+ 17 —	+ 17 —
13 —	+ 16 —	+ 16 —
22 —	+ 17,5 —	+ 17,5 —
8 juin	+ 17 —	+ 17 —
18 —	+ 15,4 —	+ 15 —
28 —	+ 19 —	+ 18 —
8 juillet	+ 18 —	+ 18 —
22 —	+ 20,2 —	+ 20,2 —
4 août	+ 20 —	+ 19,8 —
20 août	+ 20 —	+ 20 —

Les températures observées varient donc entre $+ 8^{\circ}$ (chiffre du 19 janvier) et $+ 20^{\circ},2$ (chiffre du 22 juillet); ce qui fait un écart maximum de $12^{\circ},2$. L'ascension du minimum vers le maximum ne se fait pas régulièrement, mais serait représentée sur une courbe par une série de montées et de descentes successives, dues à des périodes de vents persistants ou aux pluies, très fréquentes au printemps notamment. Il est à remarquer d'ailleurs que chaque fois que la courbe baisse, c'est pour remonter plus haut ensuite.

La température fut le plus souvent la même en surface et en profondeur. Les différences observées ne sont que de quelques dixièmes de degrés, exceptionnellement 1 degré le 28 juin. Aussi avons-nous pris indifféremment des

moules dans le haut ou dans le bas des cordes, tant qu'il ne s'est agi que de recherches sur l'influence de la saison.

Les chiffres de teneur en glycogène que nous faisons suivre sont du reste les moyennes d'un grand nombre de dosages pour lesquels nous avons pris soin d'éliminer l'influence du sexe et de l'âge. Il ne nous était pas possible pratiquement d'éliminer toutes les autres influences : telles celles de la salure, de la nutrition, de l'aération. En faisant varier cependant la hauteur à laquelle nous détachions de la corde nos sujets d'expérience, et en prenant la moyenne des teneurs en glycogène observées nous croyons avoir à peu près tourné la difficulté. Nous verrons d'ailleurs plus loin que si le degré de salure change à mesure que l'on va de la surface vers la profondeur au parc de thalassiculture (influence de la salure), que si le plankton est, d'autre part, très légèrement plus abondant en profondeur (influence de la nutrition), la teneur de l'eau en gaz dissous (influence de l'aération) reste la même à tous les niveaux.

DATES	TENEURS EN GLYCOGÈNE	
	Dosages par la méthode Bierry-Gruzevska (1913)	Dosages par la méthode Fraenkel-Garnier (1914)
	gr. o/oo	gr. o/oo
Janvier	»	20,200
Février	21,415	34,444
Mars	28,737	31,980
Avril	46,798	45,260
Mai	57,413	58,120
Juin	64,203	63,725
Juillet	82,920	89,050
Août	102,838	{ Début 94,628 { moyenne Fin 69,080 { 81 gr. 854
Septembre	31,166	»
Octobre	25,220	»
Novembre	24,485	»
Décembre	21,136	»

De l'examen du tableau ci-dessus on peut conclure :

1° Le minimum de la charge glycogénique est atteint chez *Mytilus galloprovincialis* pendant les mois d'hiver (décembre, janvier, février). La teneur en glycogène est alors de 1 à 3 pour 100 du poids de la pulpe de l'animal.

2° Le maximum de la charge glycogénique est atteint en juillet-août. La teneur en glycogène est alors de 8 à 10 pour 100, ce qui fait une différence de 7 pour 100 entre le maximum et le minimum.

3° C'est lentement, et de façon presque régulière que se fait l'augmentation de la charge glycogénique jusqu'en juin. De juin à août, l'emmagasinement du glycogène se fait environ deux fois plus vite. Enfin, c'est presque sans transition que l'on passe du maximum au minimum de la charge. Gorgée de ce produit au début d'août, la moule est devenue si pauvre en glycogène dès le mois de septembre qu'elle a repris à ce moment sa charge d'hiver. La transition dure donc un mois à peine.

4° Cette brusque diminution du glycogène correspond à l'émission des larves (naissain) qui s'échappent en effet de la moule en grande abondance vers la fin du mois d'août ou au début de septembre. C'est donc que les larves en question sont très riches en glycogène, tout comme les larves de l'huître que l'on sait, depuis Claude Bernard, être gorgées de glycogène. Ce résultat est confirmé par la faible teneur en glycogène des organes de la moule autres que la glande sexuelle, et cela en toute saison, comme nous le verrons plus loin. Il y a donc un rapport direct entre la teneur en glycogène de la moule, l'état de maturation de ses produits sexuels et la quantité de ces produits. Rappelons

que les produits sexuels femelles sont plus riches en glycogène que les produits sexuels mâles.

Avec les marées. — Longtemps hypnotisés par les méthodes en usage dans l'Océan, les premiers mytiliculteurs méditerranéens s'exagérèrent considérablement l'importance des marées. Pour suppléer à leur absence, ils firent l'impossible, dépensèrent beaucoup d'imagination et d'argent en pure perte. C'est ainsi qu'en 1867 L. Vidal avait installé à Port-de-Bouc des claies mobiles coulissant entre des pieux, ce qui permettait de soulever hors de l'eau les moules à volonté. Vidal n'eut que des mécomptes et fut obligé d'abandonner son entreprise.

Ce sont ces considérations, unies à d'autres d'ordre théorique qui nous ont amené à étudier de très près l'action des marées sur *Mytilus galloprovincialis*, et en particulier leur action sur la teneur en glycogène.

a) *Marées artificielles.* — Les marées naturelles sont de peu d'importance dans la Méditerranée du Nord en général, et dans la rade de Toulon en particulier qui ne communique avec la grande mer que par deux passes étroites. Nous avons imaginé de créer des marées artificielles en installant des moules dans des paniers métalliques (galvanisés) qui furent soulevés hors de l'eau chaque jour, pendant un temps plus ou moins long. Les précautions ordinaires pour l'élimination de l'influence du sexe et de l'âge furent rigoureusement prises. Chacun des paniers, dont la forme était celle d'une boîte rectangulaire très aplatie, n'a d'autre part jamais renfermé qu'1 à 2 kilogrammes de moules, bien étalées, de façon à leur assurer

une bonne alimentation. Les moules témoins (pour dosages simultanés du glycogène) étaient placées tout à côté des premières, dans des conditions absolument semblables, moins l'influence de l'émersion. Toute perturbation par influence secondaire quelconque (salure, aération, nutrition) apparaît donc comme impossible. Nous nous sommes arrangés enfin pour échelonner nos dosages sur la durée d'une année tout entière.

Voici maintenant, sous forme de tableaux, le détail de nos expériences :

DATES	TENEURS EN GLYCOGÈNE	
	Moules subissant les marées artificielles	Moules témoins
I. — Moules subissant quatre heures d'émersion journalière : de 5 à 7 heures et de 18 à 20 heures.		
	gr. o/oo	gr. o/oo
Au début (18 avril 1913) . . .	46,736	46,798
10 jours après (28 avril) . . .	43,529	52,153
20 — (8 mai) . . .	38,929	53,219
70 — (27 juin). . .	54,582	62,440
II. — Moules subissant huit heures d'émersion journalière : de 5 à 9 heures et de 17 à 21 heures.		
Au début (21 mai 1913). . .	57,413	57,413
20 jours après (10 juin). . .	46,015	57,381
40 — (29 juin). . .	39,276	62,950
III. — Moules subissant huit heures d'émersion journalière : de 5 à 9 heures et de 17 à 21 heures.		
Au début (29 juillet 1913) . . .	98,680	98,680
15 jours après (13 août) . . .	57,550	59,656
60 — (28 septembre). . .	26,573	31,166
IV. — Moules subissant douze heures d'émersion journalière : de 18 heures au lendemain 6 heures.		
Au début (24 juin 1913). . .	68,327	68,327
15 jours après (9 juillet) . . .	62,106	73,857
30 — (24 juillet). . .	72,727	86,478
60 — (23 août) . . .	51,640	70,337
100 — (3 octobre) . . .	30,451	43,337

Un coup d'œil sur ces quatre tableaux suffit à démontrer l'influence nocive des marées artificielles sur la teneur en glycogène. En effet, et ceci quelle que soit l'époque de l'année considérée, la teneur des moules soumises à la gymnastique quotidienne de l'émersion se montre toujours notablement inférieure à celle des moules témoins. Il faut remarquer cependant que malgré des marées artificielles de douze heures par jour (chose qui ne se rencontre pas dans la nature), les variations saisonnières du glycogène sont néanmoins conservées. La quantité de glycogène, et par conséquent de naissain, se montre seulement moindre, au moment du maximum de la charge glycogénique, chez les moules soumises à la marée : 72 grammes pour 1000 au lieu de 86 par exemple, le 24 juillet, chez les moules soumises à douze heures d'émersion.

On peut faire les remarques complémentaires suivantes :

1° La teneur en glycogène diminue plus rapidement au début des marées artificielles que par la suite. Il semblerait que la moule s'adapte petit à petit, résiste à l'influence nocive. 2° Cette même teneur diminue plus vite pendant l'été, moment de la formation des larves, que pendant l'hiver.

b) *Marées naturelles*. — Il était intéressant de chercher à vérifier ces résultats sur les moules qui découvrent naturellement lors des faibles marées de la Méditerranée. Nous y sommes arrivé en nous adressant aux piquets qui supportent la charpente des parcs à cordes méditerranéens, piquets qui se recouvrent spontanément de moules. Celles qui sont situées à la partie tout à fait supérieure, sur 15 à 20 centimètres, découvrent à peu près tous les jours pen-

dant un temps plus ou moins long. Nous les avons recueillies à marée basse, alors qu'elles se trouvaient hors de l'eau, pour être bien sûr de leur émerision journalière, et nous avons comparé leur teneur en glycogène avec celles de moules situées quelques centimètres plus bas sur le piquet.

Ceci posé, voici nos résultats pour trois époques de l'année :

DATES	TENEURS EN GLYCOGÈNE	
	Moules découvrant	Moules ne découvrant pas
Février 1914. . . .	34 gr. 444 0/00	39 gr. 184 0/00
Mai —	44 gr. 480 —	52 gr. 400 —
Août —	59 gr. 450 —	71 gr. 300 —

Ces chiffres confirment nos conclusions précédentes, notamment celles relatives à une diminution plus grande du glycogène pendant la saison chaude, sous l'influence des marées. Ils montrent en outre que cette diminution se maintient constante, et que par conséquent les moules ne résistent jamais complètement à l'influence nocive. Enfin, la teneur en glycogène étant en relation directe avec l'abondance des produits sexuels, c'est donc que les moules soumises à la marée sont moins prolifiques que celles constamment immergées.

Nous croyons nécessaire de rappeler, en terminant ce paragraphe, que ces conclusions ne sont valables que pour la Méditerranée. Il se peut fort bien, il est même probable que dans l'Océan, où nous n'avons pas expérimenté, les fortes marées naturelles, qui entretiennent un état d'agitation de l'eau favorable à la constance de sa richesse en débris organiques, aient une influence heureuse sur l'en-

graissement de tous les mollusques et de la moule en particulier.

Avec la salure. — Nous avons vu dans l'introduction de cette thèse que l'heureuse influence sur l'engraissement de la moule des milieux très saturés et des milieux riches en eaux douces avait été tour à tour vantée par les différents auteurs. L'existence d'affirmations aussi contradictoires était un encouragement à de nouvelles recherches. Elles nous ont paru d'autant plus utiles qu'il est difficile de qualifier de recherches les études tentées à ce sujet jusqu'à ce jour. Ce ne sont, comme nous l'avons dit, que des observations, observations à l'appui desquelles ne viennent aucuns dosages ; la salure aux endroits considérés n'a pas même été établie de façon précise.

Ceci dit, nous avons effectué des dosages de salure et de glycogène en trois endroits différents de la Méditerranée ; dans le lac de Bizerte en Tunisie, dans la rade de Toulon, dans l'étang de Berre. C'est de la comparaison des trois séries de résultats que nous tirerons nos conclusions.

Nos dosages de glycogène ont tous été faits par la méthode Fränkel-Garnier sur laquelle nous n'avons pas à revenir. Pour évaluer la salure nous avons dosé les chlorures de quelques centimètres cubes d'eau de mer (qu'il est utile d'étendre d'eau douce) en présence de quelques gouttes de chromate neutre de potasse exempt de chlorures, au moyen d'une solution de nitrate d'argent, préalablement titrée, contenue dans une burette graduée. C'est la méthode classique. On fait tomber goutte à goutte la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une coloration

rouge vif. On sait en effet que si l'on ajoute du nitrate d'argent à une solution de chlorures dans laquelle on a mis un peu de chromate neutre de potasse, on obtient d'abord du chlorure d'argent blanc, et que lorsque tout le chlore est précipité, apparaît la coloration rouge vif du chromate d'argent, réactif indicateur fort précis. Il faut opérer à l'ombre, et mieux encore à la lumière artificielle qui permet de saisir plus nettement la fin de la réaction. Si on éprouve quelque difficulté à saisir nettement la différence qui existe entre la teinte jaune de l'eau de mer additionnée de chromate et la coloration rouge brique de la réaction limite, on obvie très bien à cette difficulté en observant à travers un verre jaune ou une vitre ordinaire que l'on aura trempée dans une solution à 10 pour 100 de gélatine et qu'on aura colorée, après dessiccation par immersion dans une solution de chromate jaune. Il faut arrêter l'écoulement de la solution de nitrate d'argent et faire la lecture de la burette graduée dès qu'une goutte ajoutée à l'eau de mer fait apparaître la coloration rouge vif. Si l'on a dépassé la limite on ajoute 1 ou 2 centimètres cubes de solution de chlorure de sodium N/10 qui détruit la teinte rouge, puis on ajoute à nouveau de la solution de nitrate d'argent avec précaution. Il va de soi que du chiffre trouvé on retranche le nombre de centimètres cubes de chlorure de sodium ajouté¹. Nous avons toujours rapporté à un litre d'eau de mer le chiffre de chlorures trouvé.

1° *Recherches dans le lac de Bizerte.* — Le gouvernement tunisien possède à l'entrée du port de Sfax, en

¹ Voir Dr Florence, *Travaux pratiques d'analyse quantitative*, Lyon, 1891, p. 52-53.

Tunisie, dans le golfe du même nom, un laboratoire maritime de biologie dont M. le professeur Raphaël Dubois a été le fondateur et qu'il a dirigé pendant plusieurs années. Des dosages effectués sur des échantillons d'eau de mer prélevés dans le voisinage de ce laboratoire indiquent 31 grammes environ de chlorures par litre. Or, les moules qui poussent spontanément dans le golfe de Sfax et qui appartiennent, tout comme celles de Toulon, à l'espèce *galloprovincialis*, restent petites et coriaces. Nous avons immédiatement pensé à une influence nocive d'un degré de salure trop élevé. Néanmoins, comme la température des eaux du golfe de Sfax dépasse en été de 5 degrés environ celle des eaux de la rade de Toulon, nous ne nous étions pas cru en droit de conclure.

Les expériences que nous avons pu effectuer dans le lac de Bizerte, de décembre 1915 à juin 1916, ont confirmé notre manière de voir. Pendant cette longue période de l'année, en effet, la température des eaux du lac de Bizerte ne dépasse guère + 20 degrés. Les moyennes d'un grand nombre de mesures que nous avons effectuées sont les suivantes : décembre + 11°5, janvier + 12 degrés, février + 12°4, mars + 14°3, avril + 17°7, mai + 20 degrés. Ce sont là des températures atteintes, comme nous l'avons vu déjà, dans la rade de Toulon. Les conditions générales favorables au développement des mollusques (nutrition, aération, etc.) sont d'autre part réalisées dans le lac de Bizerte, puisqu'on y trouve, entre autres mollusques, de très nombreux *Murex*, de fort belles clovisses et des *Pinna* volumineux. Or, là encore *Mytilus galloprovincialis* n'atteint jamais qu'une teneur très faible en glycogène ; l'animal

peut se développer en coquille à la longue, mais il reste toujours coriace et maigre.

Que faut-il incriminer sinon le degré de salure? Dans l'arsenal de Sidi-Abdallah, par exemple, où nous avons pu faire récolter de nombreuses moules, la moyenne du degré de salure, de novembre à juin, est restée de 32 gr. 500 pour 100 environ sans variation notable. Or, voici les chiffres des teneurs en glycogène correspondantes :

Décembre	0 gr. 930 0/00
Février	6 gr. 900 —
Mars	10 gr. 940 —
Mai	37 gr. 000 —

On voit combien ces teneurs sont inférieures à celles constatées en France sur des moules de même espèce. A égalité de température, aux environs de février par exemple, mois où la moyenne de température des eaux est à quelques dixièmes de degré près la même à Toulon et en Tunisie, la teneur atteint en France 2,5 à 3,5 pour 100. Elle n'atteint pas même 0,7 pour 100 en Tunisie !

De tout ceci nous nous croyons autorisé à conclure que des salures supérieures à 30 grammes de chlorures par litre d'eau de mer sont nettement défavorables à l'emmagasinement du glycogène.

2° *Recherches dans la rade de Toulon.* — Le parc de thalassiculture du directeur du Laboratoire maritime de biologie de Tamaris-sur-Mer, M. Raphaël Dubois, avec les moules duquel nous avons effectué toutes nos expériences, occupe dans la petite rade de Toulon (anse dite du Lazaret) le fond d'une cuvette géologique dont les hauteurs répondent d'une part aux collines de Saint-Mandrier (cap Cépet),

d'autre part aux collines de Tamaris qui se prolongent jusque vers le fort de Six-Fours. Grâce à un hasard heureux, les eaux de pluie tombant sur ces collines, canalisées sans doute entre deux couches imperméables, viennent ressortir en partie sous la mer au fond de la cuvette en question. D'où la présence de sources sous-marines déversant leurs eaux douces au voisinage immédiat des parcs à moules précités, abaissant par suite constamment la teneur en chlorures au niveau de l'extrémité inférieure des cordes. Il ne faut pas oublier que d'un autre côté, les pluies, fréquentes au printemps, torrentielles en automne à Toulon, peuvent également diminuer pour un certain temps la salure à la surface de la mer, surtout dans une rade aussi fermée que celle de Toulon. Bref, l'expérience nous a montré qu'au parc de thalassiculture, dans un endroit où le fond atteint 4 mètres, les teneurs en chlorures de la surface et de la profondeur étaient presque toujours un peu moindres que celle de la couche d'eau intermédiaire. La moyenne de la salure étant de 28 gr. 076 pour 1.000 pour cette couche intermédiaire, elle n'est que de 27 gr. 482 pour la profondeur et 27 gr. 519 pour la surface.

Voici d'ailleurs la liste de 57 dosages effectués à ce sujet, du mois de janvier au mois d'août 1914. On pourra y remarquer accessoirement l'augmentation générale de la teneur en chlorures avec la période sèche (été). Nos prises d'eau ont été effectuées au moyen d'une bouteille à goulot étroit fortement fixé à une perche, que l'on descendait d'une embarcation à la profondeur voulue, et que l'on débouchait sous l'eau en tirant sur une corde fixée au bouchon. Il suffisait de remonter le tout rapidement pour éviter le mélange

de l'eau contenue dans la bouteille avec l'eau des couches traversées.

Variations de la salure des eaux au parc de mytiliculture.

DATES	CHLORURES PAR LITRE		
	Surface	Demi-profondeur	Profondeur
	gr.	gr.	gr.
5 janvier	24,038	?	24,750
12 —	27,370	?	24,750
19 —	29,036	29,274	26,894
26 —	27,645	28,233	27,645
3 février	28,527	28,469	28,527
16 —	27,939	27,939	28,115
27 —	24,116	26,469	28,527
9 mars	27,645	27,645	27,645
19 —	26,763	27,645	26,763
24 —	26,760	26,174	25,586
5 avril	27,645	27,645	27,645
21 —	28,525	28,525	28,525
1 ^{er} mai	28,821	28,939	27,057
13 —	28,232	?	27,351
22 —	28,500	28,500	27,500
20 juin	28,000	28,000	27,520
28 —	28,500	28,500	29,250
8 juillet	26,260	28,280	28,280
22 —	28,280	28,535	28,027
3 août	27,775	28,535	29,290

Ceci bien établi, il est fort intéressant de constater que, soit au parc de thalassiculture, dans la partie réservée à la mytiliculture pratique, soit dans la partie réservée pour nos essais, les moules de la partie moyenne d'une corde sont toujours moins riches en glycogène que les moules de l'extrémité inférieure ou que celles de l'extrémité supérieure, au-dessous, bien entendu, du niveau où se font sentir les marées. Voici quelques chiffres à ce sujet :

DATES	TENEURS EN GLYCOGÈNE		
	Haut de la corde	Milieu de la corde	Bas de la corde
	gr. o/oo	gr. o/oo	gr. o/oo
13 mai 1914	71,115	64,600	77,360
4 juillet 1914	80,550	79,180	83,750
Moules exclusivement ♀.	»	»	»

L'influence seule du degré plus ou moins grand de salure est-elle en jeu ? Si nous avons pris soin d'éliminer, comme de règle, l'influence du sexe et de l'âge, l'influence de l'aération et de la nutrition par exemple, n'interviendraient-elles pas en l'occurrence ? C'est la première des objections qui se présentent à l'esprit, et nous y répondrons par avance. En effet :

a) Nous nous sommes assurés que la teneur en gaz dissous dans l'eau de mer aux trois niveaux considérés était la même. Ce fait est dû vraisemblablement à la présence d'un large courant venu de la haute mer qui embrasse toute la surface des parcs à moules considérés et renouvelle l'eau, quoique lentement.

Nous nous sommes adressés, pour l'extraction des gaz dissous, au procédé classique (extraction par la chaleur) décrit comme suit par M. F. Coreil ¹ : « On prend un ballon fermé par un bouchon dans le trou duquel passe un tube abducteur. On remplit complètement le ballon avec de l'eau à analyser. On enfonce le bouchon muni du tube abducteur assez profondément pour que le liquide déplacé par la bouchon remplisse complètement ce tube dont la portion, qui est enfoncée dans le bouchon, ne doit pas dépasser la surface inférieure de ce dernier. Si l'opération a été bien conduite, on ne doit apercevoir, dans le ballon et dans le tube, aucune bulle d'air. Ainsi préparé, le ballon est placé sur un fourneau, de telle sorte que le tube abducteur débouche dans une éprouvette graduée pleine de mercure. On chauffe avec précaution. Une partie

¹ *L'eau potable*, Baillièrè et fils, éditeurs, Paris.

de l'eau passe dans l'éprouvette sous l'influence de la dilatation et l'eau ne tarde pas à entrer en ébullition. Cette ébullition doit se prolonger tant qu'on le juge nécessaire (5 à 10 minutes suffisent largement) sans se préoccuper de l'espace vide qui se forme au-dessous du bouchon. On éteint le feu et on laisse tout l'appareil revenir à la température ambiante. Tout le gaz contenu dans l'eau à analyser est à ce moment passé dans l'éprouvette graduée.

« Après refroidissement, le ballon doit être aussi plein qu'au début, et l'on ne doit pas apercevoir la moindre bulle gazeuse dans une partie quelconque de l'appareil, si ce n'est dans l'éprouvette. Pendant le refroidissement, une certaine quantité de mercure peut passer dans le ballon; il n'y a pas lieu de s'en préoccuper. » Les dosages ont donné sensiblement les mêmes résultats aux trois niveaux.

b) Nous nous sommes également assuré de la répartition uniforme du PLANKTON aux trois niveaux considérés, fait à prévoir étant donnés la présence du courant dont nous avons parlé déjà, la fréquence des coups de vent et l'insuffisance d'une couche d'eau de 4 mètres à constituer un écran pour la lumière solaire, ce qui aurait pour effet, comme on le sait, de déterminer des migrations verticales du plankton. Une très légère différence trouvée en faveur de la profondeur est insuffisante pour expliquer à elle seule la teneur plus grande en glycogène des moules de l'extrémité inférieure des cordes. Elle n'explique pas du tout, d'autre part, la teneur plus grande des moules de l'extrémité supérieure.

Pour cette recherche quantitative du plankton, nous nous sommes adressé à la méthode de Lohmann, qui est

la plus simple et la plus pratique de toutes. Elle consiste à immerger un tube (de caoutchouc par exemple) relié à une pompe quelconque (une pompe à transvaser de marchand de vin fait l'affaire) aux différents niveaux, et à pomper ainsi une quantité d'eau suffisante que l'on filtrera. Il ne reste plus ensuite qu'à mesurer la quantité de plankton recueillie. Personnellement, le plankton étant très peu abondant dans la Méditerranée, nous avons cru devoir filtrer chaque fois 200 litres d'eau. Le filtre auquel nous sommes adressé était non pas un filtre de papier, car alors la filtration aurait demandé un temps énorme, mais un filtre de soie à bluter très fine. Enfin pour la mesure du plankton ainsi récolté, nous avons eu recours à la méthode du dénombrement inaugurée par Hensen, — méthode qui est de beaucoup la plus précise. Il suffit de fixer le plankton soigneusement détaché du filtre, dans une petite quantité d'alcool à 70 degrés, puis de rendre homogène le mélange par agitation. Une pipette étroite permet de prendre au milieu de la masse quelques gouttes du mélange que l'on n'a plus qu'à porter sous le microscope et à compter. L'installation en usage pour la numération des globules du sang, qui peut fort bien convenir, est celle dont nous nous sommes servi. De la quantité de plankton contenue dans un dixième de millimètre cube, on conclut à la quantité contenue dans la récolte totale, puis dans un litre d'eau de mer. Là encore les mesures ont donné des chiffres sensiblement équivalents aux trois niveaux considérés.

On ne pourra pas nous dénier, après tout ceci, que seul le degré plus ou moins grand de salure reste en jeu. Or, puisque dans des eaux, où la teneur en chlorures est de

28 gr. 076 par litre, le glycogène des moules nous apparaît moins abondant que dans les eaux où la teneur se trouve bien peu inférieure (27 gr. 519 et 27 gr. 482), puisque d'autre part nous avons vu qu'au-dessus de 30 gr. l'engraissement des moules se faisait très mal, nous nous croyons autorisé à conclure que le chiffre de 27 grammes de chlorures par litre représente la salure optimum. Une teneur de 30 grammes est franchement mauvaise, une teneur de 28 grammes un peu trop élevée déjà. D'autre part, il ne faut pas non plus que le degré de salure soit trop abaissé, ainsi qu'on va le voir.

3° *Recherches dans l'étang de Berre.* — La comparaison de ce qui se passe, pour un même moment de l'année, au point de vue teneur en glycogène, d'une part dans la rade de Toulon, d'autre part dans l'étang de Berre où les eaux sont bien plus saumâtres, complète la vérification du rôle de la salure. L'examen du tableau suivant montre que le glycogène est toujours moins abondant, en effet, chez les moules de l'étang de Berre que chez celles provenant de la rade de Toulon. Nous n'avons comparé bien entendu que des moules de même sexe et de même âge. Quant aux moules de l'étang de Berre vivant à plat sur des fonds vaseux, nous les avons comparées non pas à des moules de cordes (moules cultivées), mais à des moules vivant spontanément sur des fonds vaseux de la rade de Toulon (voisinage du parc de thalassiculture dans l'anse du Lazaret). Les dosages étaient effectués le même jour, d'une part sur des moules expédiées de l'étang de Berre, préalablement mises un jour au vif à leur arrivée, d'autre part sur les moules ramassées dans la rade de Toulon.

DATES	RADE DE TOULON		ETANG DE BERRE	
	Salure au point considéré	Teneur en glycogène	Salure au point considéré	Teneur en glycogène
	gr. 0/00	gr. 0/00	gr. 0/00	gr. 0/00
20 juin 1914 (M. exclu- sivement ♀)	27,520	66,320	17,057	20,000
14 juillet 1914 (♂ = ♀).	28,280	89,050	18,500 19,530	26,440 54,000

Mais une remarque s'impose : c'est que la différence entre la teneur en glycogène des moules de la rade de Toulon et des moules de l'étang de Berre, extrêmement importante (au point d'atteindre 62 grammes pour 1000) tant que le degré de salure ne dépasse pas 17 à 18 grammes de chlorures par litre dans l'étang de Berre, diminue fortement (au point de ne plus atteindre que 35 grammes pour 1000) lorsque la salure s'élève dans l'étang de Berre à 19 gr. 500. Nous en concluons que si une salure de 17 à 18 grammes est totalement insuffisante et empêche radicalement la moule de se charger en glycogène, une salure de 19 gr. 500 est déjà bien meilleure.

En résumé : 1° nos recherches de Tunisie nous ont permis de déterminer la salure maximum au-dessus de laquelle la moule vit très mal et n'emmagasine que très peu de glycogène : soit 30 grammes de chlorures par litre d'eau de mer environ ; 2° nos recherches dans la rade de Toulon nous ont permis de déterminer l'optimum du degré de salure pour l'emmagasinement du glycogène : soit 27 grammes de chlorures par litre d'eau de mer environ ; 3° nos recherches dans l'étang de Berre nous ont permis de constater un emmagasinement de glycogène encore considérable pour des salures comprises entre 27 grammes et 20 grammes de chlorures par litre d'eau de mer, un

emmagasinement très réduit au contraire pour des salures inférieures à 18 grammes de chlorures. Les bonnes salures sont donc, somme toute, celles comprises entre 18 et 28 grammes de chlorures par litre d'eau de mer.

Le défaut de cette série d'expériences est d'être constitué par trois groupes secondaires de recherches réalisées en des endroits de la Méditerranée fort éloignés les uns des autres. Et cependant comment faire puisqu'en un lieu déterminé la salure ne varie que fort peu au cours d'une année, en général? L'idéal aurait été d'avoir à notre disposition en un point de la côte méditerranéenne, de grands bassins analogues à ceux dont on se sert en ostréiculture, de pouvoir y renouveler l'eau de mer chaque jour, de la diluer avec de l'eau douce dans des proportions différentes, et d'y observer des lots de moules l'année durant. Ainsi auraient pu être déterminés, avec une grande précision, les degrés de salure optimum, maximum et minimum. Malheureusement pareille installation coûterait fort cher.

Quant à vouloir expérimenter dans des bacs en verre, ou autres récipients, même de forte contenance, c'est peine absolument perdue. Un renouvellement quotidien de l'eau de mer n'empêche pas les moules d'y dépérir au bout d'un temps plus ou moins long. Placées d'ailleurs ainsi dans de très mauvaises conditions de nutrition, nous verrons un peu plus loin qu'elles perdent petit à petit une partie de leur surcharge en glycogène.

Avec le mode de vie. — Nous avons fait quelques dosages comparatifs de glycogène sur des moules de cordes (moules cultivées) et des moules spontanément poussées sur

le fond de la rade de Toulon (moules sauvages), ceci à des époques de l'année différentes. Nous ne nous sommes adressé bien entendu qu'à des moules de même sexe et de même âge. Pour éliminer d'autre part les influences possibles de facteurs autres que le mode de vie, nous avons récolté les moules en question à quelques mètres seulement les unes des autres. Les moules cultivées ont été recueillies à la partie tout à fait inférieure d'une corde, les moules sauvages à 2 mètres environ de cette corde, en dehors du parc. Ceci élimine complètement l'influence de la salure et de la nutrition. Les seuls facteurs en jeu, dont l'ensemble constitue ce qu'on a convenu d'appeler le « mode de vie » sont ainsi ramenés aux soins divers (désencombrement, lavage, etc.), qui constituent la pratique de la mytiliculture.

Voici les résultats de nos dosages :

DATES	TENEURS EN GLYCOGÈNE	
	Moules de corde	Moules du fond
Février 1914	50 gr. 000 0/00	28 gr. 368 0/00
Mai 1914	52 gr. 400 —	41 gr. 880 —
Juin 1914	67 gr. 520 —	66 gr. 320 —

Comme on le voit, les moules cultivées se sont toujours montrées plus riches en glycogène que les moules sauvages. Ceci n'est que la confirmation par des dosages précis d'un fait depuis longtemps connu.

Avec la nutrition. — Il aurait été fort intéressant d'étudier l'influence de l'alimentation par un certain nombre de substances nutritives, de certains hydrates de carbone

végétaux (farines) en particulier, sur la teneur en glycogène de *Mytilus*. Mais pour les raisons indiquées plus haut, l'expérimentation dans des bacs est pleine d'aléas, et nous n'avions pas à notre disposition les grands bassins qu'il aurait fallu pour faire travail utile.

Nous nous contentons de donner quelques chiffres relatifs à l'influence du jeûne sur la moule. Ils démontrent, chose bien naturelle, que le glycogène diminue sur les mollusques mis à la diète.

Ainsi *a)* 500 grammes de moules ont été installés en avril 1913 dans 25 litres d'eau de mer. Cette eau était renouvelée tous les deux jours. La teneur en glycogène qui était primitivement de 40 gr. 798 pour 1000 passe à 38 gr. 881 au bout de huit jours, puis à 34 gr. 330 au bout de trente-cinq jours.

b) 500 grammes de moules ont été installés en février 1913 dans 25 litres d'eau de mer. Cette eau n'a jamais été renouvelée. Le glycogène qui était primitivement de 41 gr. 415 pour 1000 passe à 9 gr. 184 au bout de huit jours, puis à 7 gr. 320 au bout de quarante jours.

c) 500 grammes de moules ont été installés en mai 1914 dans 25 litres d'eau de mer débarrassée de tout élément nutritif par filtration sur de la soie à bluter. Le glycogène qui était primitivement de 52 gr. 400 pour 1000 passe à 44 gr. 360 au bout de huit jours, et à 33 gr. 950 au bout de quarante-sept jours de jeûne.

Un dernier fait bien certain enfin, et bien connu, est l'engraissement plus rapide des moules dans les eaux riches en détritiques organiques. C'est ainsi que l'on récolte des moules fort grasses dans la vieille darse et dans l'arsenal

du port de Toulon, dans le port de Marseille, etc. Il ne nous a pas paru nécessaire de démontrer par des dosages une chose qui saute aux yeux du moins averti.

Remarquons pour terminer que l'étude de l'influence des marées sur la teneur en glycogène pourrait constituer une subdivision de ce paragraphe. Les marées de la Méditerranée nous semblent agir, surtout, en effet, en privant pendant un temps plus ou moins long la moule de l'apport d'aliments par les eaux.

Avec l'aération. — La teneur en gaz dissous de plusieurs échantillons d'eau de mer prélevés en différents points de la rade de Toulon, et à diverses profondeurs, nous ayant toujours paru sensiblement la même, il nous a été totalement impossible de mener à bien des expériences concluantes sur l'influence de l'aération. Nous signalerons seulement le fait que les moules retirées de l'eau depuis plusieurs jours, et par conséquent en état d'asphyxie, — mais de jeûne aussi hélas ! — perdent rapidement leur glycogène. C'est ainsi que des moules dont la teneur primitive en glycogène était de 71 gr. 300 pour 1000, ne possédaient plus après 7 jours d'émersion que 57 gr. 650 pour 1000. Il est hors de doute pour nous que les moules transportées par des revendeurs ou des consommateurs maladroits dans de l'eau de mer confinée, dans les « réserves » par exemple dont nous aurons à parler plus tard, maigrissent très rapidement.

Teneur des différents organes en glycogène.
— Nous avons déterminé à différentes époques de l'année,

(hiver, printemps, été) la teneur en glycogène des organes les plus importants de la moule : foie, manteau, muscles, branchies, en prenant quantité égale d'organes appartenant à des moules mâles et d'organes appartenant à des moules femelles. Nous opérons évidemment aussi sur des moules de même âge et toutes prises au même endroit :

DATES	TENEURS EN GLYCOGÈNE			
	Foie	Manteau	Muscles (pied compris)	Branchies
	gr. o/oo	gr. o/oo	gr. o/oo	gr. o/oo
2 mars 1914. .	27,588	?	?	?
16 juin 1914. .	38,043	105,800	32,800	14,933
5 août 1914. .	54,520	124,230	14,400	14,000

Voici, d'autre part, les teneurs comparées en glycogène de foies isolés et de pulpe de moule dépourvue de foie, pour les mêmes époques de l'année :

DATES	TENEURS EN GLYCOGÈNE		
	Foie	Pulpe sans foie	Différence en faveur du foie
	gr. o/oo	gr. o/oo	gr. o/oo
2 mars 1914 . . .	27,588	14,393	+ 13,195
16 juin 1914 . . .	38,043	58,400	— 20,357
4 août 1914. . . .	54,520	74,180	— 19,660

C'est donc le manteau dont la teneur en glycogène atteint le chiffre le plus élevé. Nous avons déjà tiré (paragraphe de l'influence du sexe) les conclusions que comportait ce fait. Viennent ensuite le foie, puis les muscles, et enfin les branchies.

La teneur en glycogène des branchies ne dépasse pas 1,5 pour 100 et semble varier très peu avec la saison.

Il n'en va pas de même de la teneur des muscles qui diminue de beaucoup (on passe de 3 à 1 pour 100) au moment du maximum de la charge glycogénique. Tout se passe donc comme si une partie du glycogène musculaire émigrerait à ce moment vers les organes sexuels.

Quant à la teneur en glycogène du foie, si elle augmente constamment depuis l'hiver jusqu'en été, il n'en est pas moins très intéressant de constater que, supérieure en hiver à celle du reste de la pulpe, elle devient inférieure au moment de la surcharge glycogénique. Tout se passe comme si le foie, organe emmagasinateur de glycogène en hiver, cédait au contraire en été une partie de ses réserves aux organes sexuels.

CHAPITRE III

LE SUCRE ET SES VARIATIONS

Le sucre se rencontre chez la moule, comme chez tous les autres animaux d'ailleurs, à deux états différents : 1° à l'état de sucre libre, très facilement soluble dans l'eau, réduisant la liqueur de Fehling sans opération préalable; 2° à l'état de « sucre en puissance » que nous appellerions si nous l'osions, par opposition au premier et bien que le terme ne soit pas du tout classique : « sucre prisonnier ». Ce sucre est du sucre engagé dans différentes combinaisons. Il n'est arraché à ces combinaisons et décelable par la liqueur de Fehling qu'après traitement par un acide minéral (hydrolyse), ou encore après action d'un ferment hydrolysant qui joue le rôle de l'acide. D'où le nom de sucre « combiné », ou encore de sucre « virtuel » que lui donnent la plupart des auteurs. Ce sucre « en puissance », « prisonnier », « combiné » ou « virtuel », comme on le voudra, comprend d'ailleurs deux grandes catégories :

a) Du sucre faiblement combiné. C'est ce sucre qui est

susceptible d'être transformé en sucre libre, dans l'organisme, par simple action des ferments hydrolysants, et *a fortiori* par les acides. Tels sont par exemple les glycosides, les composés glycuroniques, et même (si l'on veut) le glycogène.

b) Du sucre beaucoup plus fortement combiné, non transformable en sucre libre par les ferments, et qui ne peut être arraché à ses combinaisons que par des moyens chimiques violents : traitement par un acide minéral à haute température. Ce sucre est du sucre lié intimement à des molécules protéiques. Sa présence est constante chez tous les animaux, et l'on peut dire qu'il existe dans toute cellule. Lépine et Boulud¹ ont proposé de réserver l'appellation de « sucre virtuel » pour le sucre susceptible d'être libéré par action d'un ferment. Bierry et Fandard² proposent, d'autre part, l'appellation de « sucre protéidique » pour le sucre lié aux molécules protéidiques. Nous engloberons, pour la simplification de l'exposé, sous le nom unique de « sucre combiné », le sucre virtuel de Lépine et Boulud, plus le sucre protéidique de Bierry et Fandard. Nous ne distinguerons par conséquent que deux espèces de sucre : 1° le sucre libre, soluble dans l'eau et directement réducteur de la liqueur de Fehling; 2° le sucre combiné comprenant tout le sucre susceptible d'être mis en évidence, par la liqueur de Fehling après hydrolyse acide. Nous séparerons seulement du sucre combiné le glycogène que nous avons étudié dans le précédent chapitre.

¹ Le sucre virtuel du sang (*Arch. intern. de Physiol.*, 1914).

² Sucre protéique et sucre virtuel (*C. R. Ac. Sc.* du 16 février 1914).

sucré. Il suffit de porter une goutte du mélange liquide refroidi sous le microscope pour observer très facilement les cristaux.

Dans tous nos essais, nous n'avons jamais observé que des cristaux de glucosazone, bien reconnaissables à leur forme en pinceau ou en éventails d'aiguilles très déliées. Il n'y a donc en fait de sucre libre chez *Mytilus* que du glucose.

RECHERCHE QUANTITATIVE. — Elle comprend deux temps : 1° préparation de la liqueur sucrée; 2° dosage proprement dit du sucre.

Tous nos dosages de glucose ont été faits par la méthode de Mohr-Bertrand que nous avons exposée dans tous ses détails au chapitre précédent. Quant à la préparation de la liqueur sucrée, elle est fort simple. Il suffit, la pulpe ou les organes de la moule ayant été égouttés, puis pesés, de les découper en menus fragments et de les jeter dans de l'eau qui sera maintenue pendant une heure au bain-marie bouillant. Le mélange est concentré s'il le faut, puis, après refroidissement, filtré. La pulpe restée sur le filtre est lavée soigneusement à l'eau froide pour enlever les dernières traces de sucre, puis pressée. Finalement, tout le liquide obtenu est déféqué au Patein, suivant la méthode que nous avons exposée. On note enfin son volume final, ce qui permettra de rapporter ultérieurement au poids de moules employé, puis au kilogramme, la quantité de sucre qu'il contient. Le liquide est prêt alors pour le dosage proprement dit du sucre par la méthode Mohr-Bertrand.

Nous ne saurions trop insister sur l'importance qu'il y a

à obtenir une défécation parfaite. Avec des liqueurs qui ne deviennent pas parfaitement claires après traitement par le zinc pulvérulent, il est inutile en effet de chercher à voir ou à doser quelque chose : on obtient par la liqueur de Fehling des précipités jaunes, jaunes-verdâtres, verts, qui ne ressemblent que de très loin ou pas du tout à l'oxydure de cuivre, et laissent l'expérimentateur dans l'incertitude. Nos défécations ont été souvent très pénibles. Peut-être est-ce par suite de la présence dans la moule d'albuminoïdes un peu spéciales difficiles à précipiter par le Patein.

VARIATIONS DU GLUCOSE

Avec le sexe. — Comme nous le verrons bientôt, le glucose se trouve chez la moule seulement à l'état de traces indosables pendant une grande partie de l'année. Nous avons pu constater cependant, au mois de février, une différence appréciable entre la teneur en glucose des moules mâles et des moules femelles. Pour 1 gr. 787 pour 1000 de glucose chez les mâles, nous avons en effet trouvé 2 gr. 869 pour 1000 chez les femelles, soit une différence de 1 pour 100 environ, c'est-à-dire de près de moitié, en faveur des femelles. En mars de la même année, alors que des manteaux mâles ne renfermaient que 2 gr. 761 pour 1000, des manteaux femelles renfermaient 3 gr. 642 pour 1000, soit encore une différence de 1 pour 100, en faveur de ces derniers. Ceci indique que les produits sexuels femelles sont plus sucrés que les produits sexuels mâles. Il y a donc nécessité là encore à éliminer, dans l'étude de l'influence des autres facteurs, l'influence de la sexualité.

Bien que n'ayant tenté aucune expérience relative à l'influence de l'âge, certainement bien peu importante, sur la teneur en glucose, nous avons pris néanmoins la précaution facile, au cours des expériences dont l'exposé suit, d'éliminer l'influence possible de l'âge en ne nous adressant qu'à des moules de la même corde.

Avec la saison. — Le glucose est présent toute l'année chez *Mytilus galloprovincialis* ; mais, à l'inverse de ce qui se passe pour le glycogène ou pour les graisses, il est réduit, pendant six mois environ, à des traces indosables. Comme nous aurons l'occasion de le faire remarquer plus loin, la diminution du glucose correspond à la surcharge glycogénique. Voici d'ailleurs les chiffres obtenus pour les différents mois de l'année, chiffres qui sont les moyennes de plusieurs dosages :

DATES	GLUCOSE
Janvier	1 gr. 025 0/00
Février	2 gr. 340 —
Mars	4 gr. 346 —
Avril	6 gr. 883 —
Mai	0 gr. 234 —
Juillet	0 gr. 399 —
Août, septembre .	Traces indosables.
Oct. nov., décembre.	Traces un peu plus abondantes, indosables.

L'examen de ce tableau montre :

1° Que le maximum de la teneur en glucose (0 gr. 68 pour 100) est réalisé en avril.

2° Que le minimum se produit en août-septembre. Le glucose est à ce moment réduit à l'état de traces très faibles et la réduction du Fehling ne se fait qu'avec des liqueurs parfaitement déféquées.

3° Que la teneur en glucose diminue brusquement au début du mois de mai, puis beaucoup plus lentement de mai à octobre, pour augmenter ensuite de novembre à mai. Contrairement à ce qui se passe pour le glycogène, il ne semble donc pas y avoir de rapport entre l'évolution sexuelle et la teneur en glucose.

Avec les marées. — Nous n'avons dosé le glucose que sur des moules soumises aux marées artificielles, dont le *modus operandi* a été exposé au chapitre précédent. Voici les résultats obtenus pour des moules émergées huit heures par jour, de 6 à 10 heures et de 16 à 20 heures :

DATES	TENEUR EN GLUCOSE	
	Moules émergées	Moules témoins
Au début (25 avril 1914) .	6 gr. 562 0/00	6 gr. 562 0/00
30 jours après (25 mai) .	0 gr. 233 —	0 gr. 235 —
60 jours après (25 juillet).	0 gr. 333 —	0 gr. 466 —

Ces quelques chiffres suffisent à montrer : 1° que les marées ne suppriment pas l'évolution saisonnière de la teneur en glucose ; 2° que cette teneur diminue chez les moules soumises à la marée.

La faible importance du glucose comme réserve, tout à fait négligeable au point de vue pratique, ne nous a pas encouragé à pousser plus loin ces expériences. Les différences de teneur en glucose sont d'ailleurs des plus minimes entre les moules soumises aux marées et les moules témoins.

Avec la salure. — Nos recherches se résument à la détermination, au mois de février 1914, de la teneur en

glucose chez des moules prises à trois hauteurs différentes d'une corde du parc de mytiliculture. Le haut de la corde nous a donné 1 gr. 688 pour 1000, la partie moyenne 2 gr. 640 et le bas 2 gr. 874. Le peu de différence des teneurs ci-dessus, ainsi que la faible importance du glucose nous ont paru des raisons suffisantes pour ne pas pousser plus loin.

Avec la nutrition. — La teneur en glucose semble diminuer très sensiblement avec le jeûne. C'est ainsi que des moules installées le 6 mai 1914 dans de l'eau de mer débarrassée de son plankton par filtration, et renfermant 5 gr. 116 pour 1000 de glucose, n'en renfermaient déjà plus que des traces indosables huit jours après, le 14 du même mois.

Avec l'aération. — Les moules en état d'asphyxie ne semblent pas augmenter leur teneur en glucose. Des moules retirées de l'eau le 10 août 1913, et ne possédant à cette époque que des traces de glucose, ne possédaient également que des traces de ce corps le 17, soit au bout de sept jours d'émersion.

Teneur en glucose des différents organes.

— Voici les chiffres obtenus en mars 1914 :

Manteau	3 gr. 201 0/00
Foie	6 gr. 909 —
Tissu musculaire	4 gr. 074 —
Branchies.	2 gr. 363 —

Le foie est donc l'organe le plus riche en glucose.

Viennent ensuite le tissu musculaire (dans lequel nous comprenons le pied), puis le manteau qui n'arrive ici qu'au troisième rang, et enfin les branchies. On n'observe pas entre les principaux organes de grosses différences de teneur, à l'inverse de ce que nous avons vu se produire pour le glycogène.

SUCRES COMBINÉS

Le sucre combiné proprement dit, tel que nous l'avons défini, est facile à doser chez *Mytilus*. Il suffit de déterminer pour cela sur un lot de moules : 1° La teneur en sucre libre ou glucose ; 2° La quantité de sucre correspondant à la teneur en glycogène (on multiplie pour cela le chiffre du glycogène par 0,927) ; 3° La teneur en sucre total, par hydrolyse de la pulpe totale des moules, avec un acide minéral (par exemple H_2SO_4 à 5 pour 100) à 120 degrés pendant une demi-heure. Ces trois chiffres étant connus, la totalité du sucre combiné est donnée par la formule :

$$\text{Sucre combiné} = \text{sucre total} - (\text{Sucre libre} + \text{sucre correspondant au glycogène}).$$

Un premier dosage de sucre combiné effectué d'après cette méthode, le 25 avril 1914, nous a donné comme teneur en sucre combiné total de *Mytilus* le chiffre de 11 gr. 459 pour 1000. A première vue, il semblerait donc que, très pauvre en sucre libre, la moule comestible rachète cette pauvreté par une richesse relative en sucre combiné. La somme (sucre libre + sucre combiné total) serait en

avril 11 gr. 159 + 6 gr. 562, ce qui donnerait 18 gr. 021 pour 1000 pour la teneur totale en sucres. Ce chiffre n'est pas négligeable.

Mais une remarque s'impose immédiatement : c'est que la moule renferme en assez grandes proportions une substance visqueuse, la mucine, substance qui est un glycoprotéide susceptible de donner par hydrolyse acide un corps réducteur (glucosamine). Cette mucine, dont le rôle physiologique semble être assez secondaire, ne peut pas être considérée comme une réserve de la moule, ne contribue bien certainement pas à son engraissement, et par suite ne nous intéresse pratiquement en aucune façon. Il était utile, au contraire, de chercher à déterminer en quelles proportions entrait la mucine dans le sucre combiné total de la moule, ou plus exactement de chercher à savoir ce que deviendrait la teneur en sucre combiné de la moule après en avoir retranché le sucre (plus exactement glucosamine) susceptible d'être apporté par hydrolyse de la mucine.

Nous avons opéré sur le même lot de moules que le 25 avril. La mucine a été précipitée et recueillie par le procédé suivant que nous avons imaginé :

1° *Macération* de la moule (préalablement broyée avec du sable de grès fin), pendant une heure au minimum, dans une solution aqueuse de soude à 0 gr. 25 pour 100. Les solutions de soude à taux peu élevé constituent en effet un excellent dissolvant de la mucine, alors que ce glycoprotéide est totalement insoluble dans l'eau neutre.

2° *Filtration*. — Toute la mucine passe dans le filtrat. On presse ce qui est resté sur le filtre à la presse de Claude Bernard, on filtre l'extrait obtenu et l'on neutralise le

filtrat total, qui est alcalin, avec quelques gouttes d'acide.

3° *Précipitation* de la mucine dans le filtrat par une solution concentrée d'alun.

4° *Décantation* sur un petit filtre, taré après séjour d'une heure à l'étuve à 70 degrés, qui retient le précipité de mucine.

5° *Purification* du précipité par une série de lavages à l'eau bouillante neutre, qui entraîne ce que le précipité peut contenir, soit de glycogène, soit de sucre libre soluble dans l'eau.

6° *Pesée* du filtre après un nouveau séjour d'une heure à l'étuve à 70 degrés. Par différence avec la tare on a le poids de la mucine pour la quantité de pulpe employée. On rapporte à un kilogramme.

La quantité de mucine recueillie par ce procédé a été de 74 gr. 347 pour 1000. Mais à quelle quantité de corps réducteur ce chiffre correspond-t-il ? Il n'existe pas une mucine mais des mucines, et si Müller a trouvé autrefois que celle des glandes salivaires de l'homme donne par hydrolyse 23,5 pour 100 de glucosamine réductrice, il n'en est pas forcément de même pour la mytilo-mucine. D'où la nécessité d'une nouvelle détermination : celle de la quantité de glucosamine fournie par hydrolyse de la mytilomucine.

Opérant à plusieurs reprises sur la mucine, supposée pure, extraite par notre procédé, nous avons trouvé 12 pour 100, chiffre de moitié inférieur environ à celui trouvé par Müller. Il faut peut-être expliquer cet écart par ce fait que l'alun précipite non seulement la mucine, mais en même temps d'autres corps non transformables en sucre, ce qui diminue le pourcentage de sucre fourni par l'hydro-

lyse. Ceci n'a pas grande importance pour nous, étant donné le seul point bien particulier qui nous occupe : à savoir quel est le chiffre de corps réducteur correspondant à la mucine d'un certain poids de moules. Nous ne prétendons pas faire l'étude des propriétés chimiques de la mytilo-mucine. Bref, les 74 gr. 347 pour 1000 de mytilo-mucine seraient correspondants, en admettant le chiffre de 12 pour 100, à 8 gr. 916 pour 1000 de glucosamine réductrice.

Retranchons 8 gr. 916 de 11 gr. 459, chiffre trouvé pour le sucre combiné total. Nous trouvons pour les autres sucres combinés de la moule, c'est-à-dire pour le sucre protéidique, plus les autres sucres combinés possibles, le chiffre de 2 gr. 543 pour 1000. Comme on le voit, c'est un chiffre très faible. Il ne semble donc pas qu'il y ait lieu de tenir compte des variations du sucre combiné dans une étude des conditions favorisant l'engraissement de la moule.

Avant d'abandonner l'étude des sucres combinés, nous avons néanmoins tenu à vérifier au moyen d'une deuxième méthode la faible importance de ces sucres, celui de la mucine mis à part. Le principe de cette deuxième méthode est le suivant : Si du chiffre du sucre total de la moule (obtenu par hydrolyse) on retranche le sucre libre, le sucre correspondant au glycogène, le sucre correspondant à la mucine, on obtient le sucre protéidique et les autres sucres combinés.

Tout revient donc en somme, le chiffre du sucre total étant obtenu comme précédemment, à déterminer le chiffre du sucre non correspondant à la mucine. On l'obtiendra en

débarrassant une certaine quantité de pulpe de moules de toute sa mucine, et en hydrolysant tout ce qui restera. Voici d'ailleurs le détail de l'opération telle que nous l'avons conduite :

25 grammes de pulpe sont broyés finement avec du sable de grès, puis mis à macérer pendant un minimum de une heure avec une solution aqueuse de soude à 0 gr. 25 pour 100 (dissolvant de la mucine). Ce temps écoulé, on filtre et l'on met de côté ce qui est resté sur le filtre, non sans l'avoir lavé cependant deux ou trois fois encore avec de la solution de soude pour être sûr que toute la mucine a été dissoute et entraînée dans le filtrat. Dans ce filtrat on précipite alors la mucine par l'alun concentré, et l'on recueille le précipité de mucine sur un nouveau filtre par décantation. Pour être bien sûr qu'il n'a retenu ni glycogène, ni sucre libre, on le lave deux ou trois fois avec de l'eau neutre très chaude qui laisse la mucine intacte. On réunit les eaux provenant de ces derniers lavages avec le filtrat provenant de la décantation de la mucine, on neutralise, filtre de nouveau et réduit le nouveau filtrat (qui peut contenir du glycogène et du sucre libre) avec le magma resté sur le premier filtre, et qui n'est en somme que de la pulpe de moule débarrassée de sa mucine, mélangée à du sable de grès. Le tout est hydrolysé en présence de SO^4H^2 à 120 degrés pendant une heure. Après refroidissement, neutralisation, défécation, le sucre de la liqueur finale est enfin dosé par la méthode Mohr-Bertrand. Le chiffre obtenu représente le chiffre (sucre total — sucre correspondant à la mucine). En retranchant le sucre libre et celui correspondant au glycogène on obtient le chiffre du

(sucre protéidique + sucres combinés possibles autres que celui correspondant à la mucine).

L'expérience effectuée d'après cette méthode date du 7 mai 1914. Elle nous a donné pour le sucre total de la moule privée de mucine 52 gr. 250 pour 1000, en retranchant le sucre libre et le sucre correspondant au glycogène, soit 50 grammes, il reste par suite, pour les sucres combinés autres que la mucine, 2 gr. 250. Ce chiffre est extrêmement voisin de celui obtenu le 25 avril par une méthode différente. Les résultats obtenus à cette époque sont donc pleinement confirmés.

En résumé, nous pouvons conclure :

1° Que les sucres combinés de la moule sont formés presque exclusivement par un glycoprotéide peu intéressant pour nous, la mucine;

2° Que les autres sucres combinés sont par contre très peu abondants.

Nous n'avons pas cru utile dans ces conditions, et il n'entre pas dans le cadre de cette étude, de pousser plus loin ces recherches.

CHAPITRE IV

LES GRAISSES ET LEUR VARIATION

Nous n'avons pas eu la prétention d'extraire et d'étudier séparément tous les corps de la série grasse que l'on peut isoler chez *Mytilus* et qui sont très nombreux. Outre « une graisse spéciale à la moule », nous avons vu que Letellier y signalait en effet, dès 1887, de la stéarine, de la margarine, de l'oléine, de l'acide stéarique, de l'acide butyrique. Nous nous sommes contenté d'étudier par un procédé simple les corps solubles dans l'éther. Graisses sera donc constamment synonyme pour nous d'extrait éthéré.

TECHNIQUE. — Etant donné l'impossibilité où nous nous sommes trouvé de mener, faute de temps, toutes nos séries de dosages à la fois, nos dosages de graisses ont tous été effectués sur des moules conservées dans l'alcool depuis plusieurs mois. Elles avaient été préalablement égouttées, pesées fraîches, puis desséchées au soleil. Au moment du dosage nous avons procédé comme suit :

1° L'alcool, qui, après un contact prolongé avec les

moules renfermait certainement une partie des graisses (en particulier de la stéarine, de la margarine, de l'acide stéarique, tous corps solubles dans l'alcool), mais aussi d'autres corps étrangers aux graisses (comme le chlorure de sodium par exemple), était évaporé au bain-marie dans une petite capsule de porcelaine tarée. La capsule était portée ensuite sous la cloche à acide sulfurique pendant trente-six heures environ.

2° Simultanément la pulpe de moule était découpée en menus morceaux, abandonnée quelques temps à l'air pour permettre l'évaporation de l'alcool l'humectant encore, puis bien desséchée de nouveau sous la cloche à acide sulfurique.

3° Lorsque la pulpe et l'extrait alcoolique contenu dans la capsule de porcelaine étaient jugés suffisamment secs, la pulpe, pulvérisée très soigneusement dans un mortier, était réunie à l'extrait alcoolique (recueilli par nettoyage de la capsule avec du sable de grès), et mise en contact finalement avec trois fois son poids primitif d'éther, dans un flacon bien bouché. Le contact était maintenu pendant trente-six heures, en prenant la précaution d'agiter vigoureusement le flacon de temps à autres. Ainsi se dissolvait dans l'éther, et la partie soluble de l'extrait alcoolique, et les graisses contenues encore dans la pulpe. La partie soluble dans l'alcool, mais insoluble dans l'éther, était éliminée.

4° Il ne restait plus enfin qu'à décanter l'éther et à le faire évaporer dans une nouvelle capsule de porcelaine tarée, pour avoir facilement le poids de l'extrait éthéré et pouvoir rapporter à un kilogramme de pulpe.

VARIATIONS DES GRAISSES

Avec le sexe. — Voici, groupés en un tableau, les résultats de dosages faits à trois époques de l'année :

L'examen des chiffres ci-dessus montre :

DATES	TENEUR EN GRAISSES		
	Moules	Moules	Différence en faveur
	♂	♀	des ♀
—	gr. o/oo	gr. o/oo	gr. o/oo
Mars 1914. . . .	12,987	27,428	+ 14,441
Mai —	21,600	28,600	+ 7,960
Août —	13,333	24,466	+ 13,133

1° Que les moules femelles sont en toute saison plus riches en graisse que les mâles ;

2° Que la différence entre les teneurs mâles et femelles diminue cependant de moitié au printemps (7 pour 1000 contre 14) ;

3° Que la moyenne de cette différence est d'environ 1 pour 100.

Un dosage comparatif de graisses a été effectué le 4 juin 1914 sur des manteaux détachés de moules respectivement mâles et femelles. Nous avons obtenu :

Manteaux ♂	11 gr. 333 o/oo
Manteaux ♀	44 gr. 650 —

On remarquera l'écart des deux teneurs (31 gr. 317 pour 1000) qui permet de conclure à l'abondance beaucoup plus grande des corps gras dans l'organe génital femelle que dans l'organe génital mâle. Nous reviendrons plus loin sur cette constatation.

Avec l'âge. — Nous avons dosé les graisses aux deux époques les plus intéressantes de l'année (printemps et été) sur des moules d'âge très différents provenant du même parc et ayant vécu dans les mêmes conditions biologiques. Voici les chiffres obtenus :

MOULES DE :	MARS 1914	JUILLET 1914
6 mois	17 gr. 330 0/100	»
10 —	»	17 gr. 500 0/100
12 —	15 gr. 890 —	»
15 —	»	18 gr. 125 —
18 —	19 gr. 325 —	»
20 —	»	19 gr. 333 —
40 à 45 mois . . .	»	16 gr. 872 —

Le maximum de la teneur en graisses est donc atteint, pour une même époque de l'année, par les moules de quinze à vingt mois; mais ce maximum n'est que de très peu supérieur au minimum qui se trouve réalisé chez les moules de six à dix mois (19 grammes pour 1000 environ au lieu de 17). Au delà de vingt mois, la teneur diminue faiblement.

Somme toute, les variations des graisses avec l'âge sont de faible amplitude et pratiquement négligeables.

Avec la saison. — Voici les moyennes obtenues pour les différents mois de l'année. Nous avons opéré de la même façon que pour notre étude de l'influence de la saison sur la teneur en glycogène, et les chiffres ci-dessous ont été déduits d'un nombre relativement considérable de dosages :

Janvier	18 gr. 165 0/100
Février	20 gr. 360 —

Mars	19 gr. 880 0/00
Avril	31 gr. 850 —
Mai	31 gr. 000 —
Juin : début	34 gr. 150 —
— fin	26 gr. 800 —
Juillet	22 gr. 185 —
Août	20 gr. 650 —
Septembre	22 gr. 535 —
Octobre	18 gr. 450 —
Novembre	17 gr. 514 —
Décembre	12 gr. 432 —

De l'examen de ce tableau on peut facilement conclure :

1° Que le minimum de la charge graisseuse est atteint chez *Mytilus galloprovincialis* pendant les mois d'hiver (novembre-décembre). La teneur en graisses est alors de 1,2 à 1,8 pour 100 du poids de la pulpe égouttée;

2° Que le maximum de la charge graisseuse est au contraire atteint du printemps au début de l'été (fin mars au début de juin). La teneur en graisses est alors de 3 à 3,5 pour 100 du poids de la pulpe égouttée, ce qui ne fait guère qu'une minime différence de 2 pour 100 entre les teneurs maximum et minimum;

3° Que l'augmentation (janvier à juin), aussi bien d'ailleurs que la diminution (juillet à janvier) de la charge graisseuse, réparties chacune sur de longs mois de l'année, se font — mis à part le début de la diminution, fin juin, qui est relativement rapide — avec une extrême lenteur.

Enfin, les parties de la courbe qui représentent l'ascension vers le maximum, puis la chute (voir page 130), sont des lignes manifestement moins régulières que pour le glycogène par exemple ou le glucose. Il y a un crochet en

février; il en existe un autre en septembre. Tout ceci confirme dans une certaine mesure les conclusions des recherches histologiques de M^{lle} Deflandre, qui écrivait en 1903, comme nous l'avons dit : « Les variations de la fonction adipo-hépatique suivant les saisons sont peu apparentes (chez *Mytilus*). »

Existe-t-il une relation cependant entre les variations de la charge graisseuse et la vie sexuelle de la moule ? C'est là une question de grande importance sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir. Remarquons cependant de suite que la période de plus rapide diminution des graisses, venant après le maximum, correspond précisément à la période de plus grand emmagasinement du glycogène (fin juin à août). M^{lle} Deflandre avait déjà remarqué que chez d'autres mollusques « la glande hépatique perd ses réserves graisseuses pendant que la glande génitale accroît les siennes ». Or, la principale réserve de la glande génitale de *Mytilus* est précisément le glycogène.

Ajoutons que la période de diminution des graisses dans la Méditerranée (juillet-janvier) ne correspond pas aux mêmes mois dans l'Océan, mais elle correspond à la même époque biologique, — soit à l'époque de la surcharge en réserves de la glande génitale.

Avec les marées. — Nous avons étudié, comme pour le glycogène, l'influence de marées artificiellement provoquées et l'influence des marées naturelles de la Méditerranée. Nos dosages de graisses ont d'ailleurs été faits sur les mêmes lots de moules que nos dosages de glycogène.

Voici le détail de nos expériences :

DATES	TENEUR EN GRAISSES	
	Moules subissant l'émersion	Moules témoins

A. MARÉES ARTIFICIELLES

I. — Moules subissant une éersion quotidienne de huit heures :
de 5 à 9 heures et de 17 à 21 heures.

Au début (21 mai 1913)	34 gr. 216 0/00	34 gr. 216 0/00
20 jours après (10 juin)	30 gr. 268 —	35 gr. 324 —
40 — (29 juin)	26 gr. 842 —	27 gr. 500 —

II. — Moules subissant une éersion quotidienne de douze heures :
de 18 heures au lendemain 6 heures.

Au début (24 juin 1913)	35 gr. 694 0/00	35 gr. 694 0/00
15 jours après (9 juillet)	20 gr. 614 —	27 gr. 598 —
60 — (23 août)	23 gr. 258 —	23 gr. 506 —
95 — (28 sept.)	22 gr. 310 —	22 gr. 535 —

B. MARÉES NATURELLES

Février 1914	14 gr. 750 0/00	16 gr. 000 0/00
Août 1914	18 gr. 150 —	19 gr. 120 —

Comme on le voit, l'influence des marées artificielles s'est révélée nocive aussi bien pour la teneur en graisses que pour la teneur en glycogène. Si les variations saisonnières persistent en effet malgré les marées, il n'en est pas moins vrai que, quelle que soit l'époque de l'année considérée, la charge graisseuse des moules émergées est toujours inférieure à celle des moules témoins. Ceci est confirmé, comme pour le glycogène, par l'étude de l'influence des marées naturelles. Il importe de remarquer cependant que les graisses diminuent moins vite que le glycogène sous l'influence des marées. La diminution plus rapide au début est conservée. Au bout d'un certain temps, la moule s'adapte plus ou moins, résiste à l'influence nocive, et la charge graisseuse ne diminue plus que de faibles quantités.

Nous ferons les mêmes réserves que celles déjà faites au chapitre II relativement à l'influence que peuvent avoir sur les graisses de la moule l'influence des marées de l'Océan.

Avec la salure. — Les moules restent pauvres en graisses, tout comme elles le restent en glycogène dès que l'on dépasse des salures de 30 grammes par litre. Nous avons pu constater le fait dans l'arsenal de Sidi-Abdallah (lac de Bizerte), en un point où la salure moyenne est de 33 grammes pour 1000 environ. Fin mai 1916, date qui devrait correspondre au maximum de la teneur, puisqu'à part celles de salure les conditions de milieu diffèrent très peu de celles réalisées dans la rade de Toulon (voir chap. II), le chiffre moyen de nos dosages a été de 9 gr. 933 pour 1000, contre 31 grammes pour 1000 pour Toulon. C'est là une différence extrêmement importante qui permet de conclure sans hésitation.

Moins facile est la détermination de l'optimum de salure. En effet, si les moules de la partie moyenne des piquets du paré de mytiliculture (où la salure moyenne, avons-nous dit, est de 28 grammes) nous ont donné en hiver et au printemps des chiffres de graisses inférieurs à ceux des moules du haut ou du bas des mêmes piquets (où la salure moyenne n'est que de 27 grammes) nous n'avons pu faire en été la même constatation; tout au contraire, ce sont les moules du milieu des piquets qui nous ont donné un chiffre supérieur. Il y a là un fait très intéressant, dont la raison apparaîtra sans doute, mais que nous ne pouvons actuellement expliquer. Nous ne concluons donc pas, pour

les graisses; à un optimum de salure de 27 grammes, comme nous nous sommes cru autorisé à le faire pour le glycogène. Tout ce que nous pouvons dire, c'est que pendant la majeure partie de l'année ce chiffre semble être l'optimum, mais cet optimum correspond à une salure un peu plus forte lorsqu'arrive l'été. Rappelons de suite qu'elle ne peut cependant pas dépasser 33 grammes, comme l'ont montré nos recherches en Tunisie. Elle doit donc être comprise entre 28 et 33 grammes, et l'on peut, à notre avis, adopter le chiffre moyen : soit 30 gr. 5 environ.

Voici d'ailleurs les chiffres correspondant à nos dosages :

DATES	TENEUR EN GRAISSES		
	Haut du piquet	Milieu	Bas
	gr. 0/00	gr. 0/00	gr. 0/00
Janvier 1914 . . .	19,500	16,833	»
Février — . . .	»	16,000	23,210
Mai — . . .	26,000	23,566	15,140
Août — . . .	9,000	14,465	9,510

Pour la détermination du minimum de salure favorable, nous avons procédé à des dosages comparatifs dans la rade de Toulon et dans l'étang de Berre. Nous avons pris les mêmes précautions que pour l'étude des teneurs en glycogène.

Le tableau ci-joint montre que la teneur en graisses est à peu de chose près la même, au moment du maximum de la charge grasseuse, aux deux points considérés, pour une salure de 27 gr. 500 d'une part (Toulon), contre 17 grammes dans l'étang. Mêmes faits un peu plus tard, en juillet, au moment où les graisses commencent à diminuer beau-

coup. C'est donc que le minimum de salure favorable est plus bas encore que 17 grammes.

DATES	RADE DE TOULON		ETANG DE BERRE	
	Salure au point considéré	Teneur en graisses	Salure au point considéré	Teneur en graisses
—	gr. 0/00	gr. 0/00	gr. 0/00	gr. 0/00
20 juin 1914 . .	27,520	34,920	17,057	36,000
14 juillet 1914 .	28,280	17,592	18,500 19,530	16,666
				16,925

De tout ceci nous concluons :

1° La salure maximum au-dessus de laquelle la moule vit très mal et n'emmagasine que fort peu de graisses, correspond à 30 grammes environ de chlorures par litre.

2° L'optimum de ce même degré de salure, susceptible de légères variations avec la saison, reste néanmoins compris entre 27 et 30 grammes de chlorures, chiffres très rapprochés.

3° Des salures de 17 grammes sont encore tout à fait favorables.

En résumé, les salures propices s'étendent sur une assez longue échelle, comprise entre 15 et 30 grammes environ de chlorures par litre, et l'emmagasinement des graisses semble favorisé au moment des plus grandes chaleurs par une salure un peu plus élevée.

Avec le mode de vie. — Les moules cultivées (moules de cordes) nous sont toujours apparues comme plus chargées en graisses que les moules poussant au hasard des circonstances. Voici deux exemples pour des échantillons prélevés l'un dans le parc, l'autre au voisinage immédiat du parc de thalassiculture. Nous avons pris

les mêmes précautions que pour l'étude de l'influence du mode de vie sur la teneur en glycogène.

DATES	TENEUR EN GRAISSES	
	Moules de cordes	Moules de fond
Mai 1914 . . .	21 gr. 000 0/00	15 gr. 000 0/00
Juin — . . .	17 gr. 600 —	12 gr. 400 —

Avec la nutrition. — Nous n'avons pu, à notre grand regret, étudier l'influence sur la teneur en graisses de certaines nourritures artificielles. Tout ce que nous savons, c'est que les graisses diminuent avec le jeûne, comme l'atteste l'expérience suivante : — 500 grammes de moules ont été installées le 6 mai 1914 dans 25 litres d'eau de mer privée de son plankton par filtration sur de la soie à bluter. Les graisses, qui primitivement étaient de 26 gr. 720 pour 1000, n'étaient plus que de 19 gr. 600 pour 1000 au bout de huit jours de jeûne (14 mai), et de 15 gr. 600 au bout de quarante-sept jours (22 juin). On remarquera que cette diminution de la teneur en graisses s'est produite malgré la tendance à l'augmentation qui aurait dû avoir lieu, du fait de la saison, à cette époque de l'année.

Avec l'aération. — Les moules retirées de l'eau, et par conséquent en état d'asphyxie, perdent rapidement leurs graisses. Exemple : le 9 août 1913, un lot de moules possède 19 grammes pour 1000 de graisses ; après huit jours d'émersion la teneur n'est plus, le 17 août, que de 28 gr. 666 pour 1000. Nous ferons des réserves analogues à celles que nous avons faites au sujet de la diminution

du glycogène qui s'effectue dans les mêmes conditions.

Ces résultats paraissent en contradiction avec ceux de M^{lle} Deflandre qui a constaté, dans le foie de la moule, une production cadavérique de graisses remarquable. Qu'il nous suffise de bien spécifier que nos dosages ont été faits sur des moules encore vivantes, et d'autre part sur la moule totale, ce qui constitue une grosse différence.

Teneur des différents organes en graisses. —

Nous avons déterminé à deux époques de l'année, dont celle du maximum de charge graisseuse, la teneur en graisses des organes les plus importants de la moule :

DATES	TENEUR EN GRAISSES			
	Foie	Manteau	Muscles	Branchies
	gr. 6/100	gr. 6/100	gr. 0/100	gr. 0/100
16 juin 1914 . .	47,600	33,990	22,000	12,000
5 août — . .	22,333	28,700	4,333	1,666

C'est donc le foie dont la teneur moyenne atteint le chiffre le plus élevé (3,5 pour 100). Vient ensuite le manteau dont la teneur moyenne est de 3,1 pour 100, puis les muscles (7,3 pour 100), et enfin les branchies (0,6 pour 100) qui sont très pauvres en corps gras.

Une remarque fort intéressante s'impose de suite : celle de la déperdition brusque en graisses de tous les organes, en août, époque de la surcharge glycogénique. La teneur en graisses du foie passe de 5 à 2,2 pour 100, celle du manteau de 4 à 3 pour 100, celle des muscles de 2,2 à 0,4 pour 100, celle des branchies enfin de 1,2 à 0,1 pour 100. Nous reviendrons un peu plus loin sur cette importante constatation.

CHAPITRE V

CONCLUSIONS GÉNÉRALES SUR LES RÉSERVES

ENGRAISSEMENT DE LA MOULE

De l'ensemble des faits exposés au cours des chapitres II, III, IV et de leur comparaison, on peut tirer un certain nombre de conclusions générales d'ordre pratique et d'ordre théorique. Nous consacrons un chapitre spécial à ces différentes conclusions.

Facteurs de l'engraissement de la moule. — Ils sont au nombre de trois : le glycogène, le glucose, les graisses. Ce sont bien les augmentations et diminutions de la teneur de *Mytilus* en ces trois corps qui font les moules plus ou moins grasses. Pour s'en convaincre, il suffit de remarquer qu'en hiver, alors que la moule est si maigre que l'on aperçoit la coquille à travers le manteau, les teneurs en glycogène, glucose, graisses, sont très faibles. En été, c'est exactement l'inverse : la moule, bien en chair, renferme de fortes proportions de ces trois réserves. C'est donc l'engraissement de la moule et les conditions

favorables ou nocives à cet engraissement que nous avons étudiées dans les premiers chapitres de cette thèse. On se rendra compte de l'importance pratique de cette étude lorsqu'on saura qu'il se consomme annuellement, rien qu'à Paris, pour plusieurs millions de moules, et que seules les moules grasses, douces et tendres, alors que les moules maigres sont dures et amères, sont estimées par les consommateurs et ont une valeur marchande.

C'est le glycogène qui constitue sans conteste le facteur essentiel de l'engraissement. Nous avons vu en effet qu'il pouvait atteindre dans le manteau 12,5 pour 100 du poids total, et 10,2 pour 100 dans la pulpe. Vient ensuite la graisse qui ne dépasse jamais 4 pour 100 du poids de la pulpe totale (soit le tiers du chiffre précédent), et le glucose enfin qui n'atteint même pas 1 pour 100. Quant aux albumines, nous ne nous sommes pas donné la peine de les doser. Constituent-elles des réserves au vrai sens du mot? La chose est bien discutable. D'autre part, il n'existe pas de méthode de dosage bien précise. Les opérations, fort longues, ne donnent que des résultats incertains. Enfin la teneur en albumines d'animaux comme les mollusques marins doit être peu sujette à des variations importantes.

En résumé, le glycogène est le facteur essentiel de l'engraissement de la moule. Les graisses constituent un autre facteur, moins important. Il ne faut citer le glucose que pour mémoire.

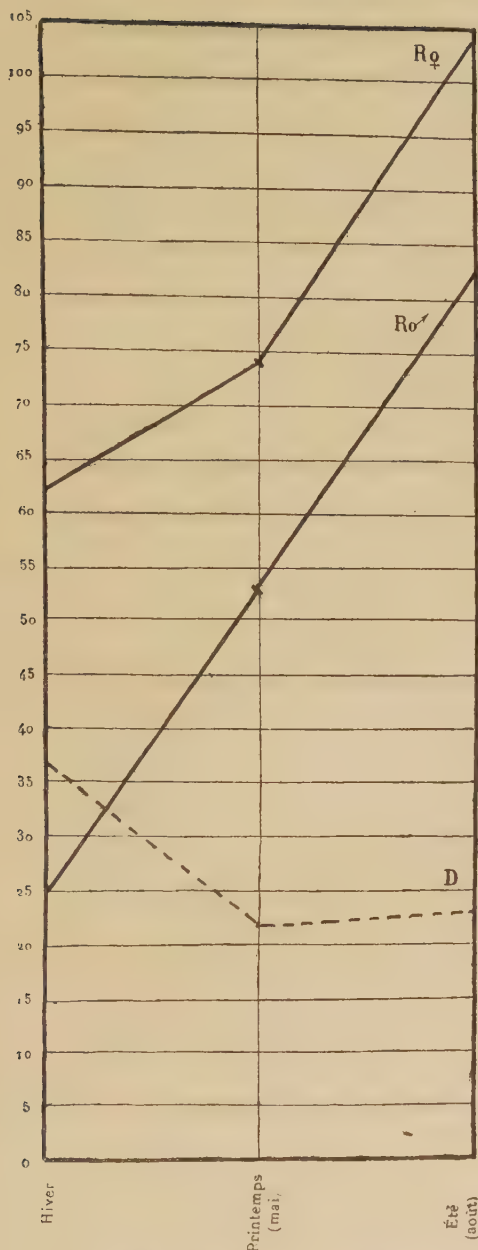
Ces considérations diverses exposées, nous pouvons étudier maintenant l'influence des différents facteurs dont nous nous sommes occupés sur l'ensemble des réserves, autrement dit sur l'engraissement de la moule.

Influence du sexe. — Nous avons démontré que les moules femelles sont en toute saison plus riches que les mâles en glycogène, et que la différence peut atteindre le chiffre de 23 pour 1000. Les moules femelles sont également plus riches en graisses, avec une différence en leur faveur qui peut atteindre 14 pour 1000. Enfin les moules femelles renferment environ 1 pour 1000 de glucose de plus que les moules mâles, aux époques de l'année où elles en contiennent.

Il est important de remarquer que c'est en hiver, c'est-à-dire pendant la période de moindre plénitude de la moule que les différences en question atteignent leur maximum pour le glycogène. Au début du mois d'août, au contraire, un peu avant l'essaimage, au moment, ne l'oublions pas, de la surcharge glycogénique, la différence n'est plus que de 10 pour 1000. — Pour les graisses, c'est l'hiver encore qui correspond au plus grand écart (14 pour 1000); la fin du printemps (mai-juin), qui est d'ailleurs l'époque du maximum de charge grasseuse, correspond au plus petit (8 pour 1000). En août, la différence est de nouveau revenue à très peu près au chiffre hivernal (13 pour 1000).

Si l'on ne tient pas compte des différences en glucose, pratiquement négligeables, et que l'on désigne conventionnellement par R la somme (teneur en glycogène + teneur en graisses) les variations de R avec la saison sont respectivement représentées, pour les mâles et pour les femelles, par les courbes ci-contre. En pointillé est la courbe représentative des variations de la somme des différences de teneur (glycogène et graisses) en faveur des femelles.

En résumé : le sexe a sur R , qui n'est autre chose que



l'état d'engraissement de la moule, une influence importante. Il se traduit par une différence de la teneur totale en réserves, en faveur des moules femelles, qui atteint près de 40 pour 1000 du poids total de la pulpe en hiver, puis diminue et reste aux environs de 24 à 23 pour 1000 seulement au cours des saisons chaudes.

A remarquer accessoirement que la courbe de R chez les moules mâles (soit $R_{\text{♂}}$) est une droite ascendante. L'augmentation des réserves se fait donc avec une égale rapidité de l'hiver à l'été, quelle que soit l'époque considérée. Pour les femelles, au contraire ($R_{\text{♀}}$), la courbe est une ligne brisée indiquant que l'augmentation se fait plus vite pendant les saisons chaudes.

Nous avons fait observer déjà (chap. II) qu'il ne faut

pas rechercher exclusivement dans les teneurs du manteau, c'est-à-dire dans les produits sexuels, la cause des différences observées. Au moment de la maturité de ces produits (en août), la différence de la teneur en glycogène n'est en effet que de 13 pour 1000 entre les manteaux mâles et les manteaux femelles. Elle est par contre de 33 pour 1000 pour la teneur en graisses. C'est donc que d'autres organes, vraisemblablement tous les organes, contribuent à créer les différences observées.

Au point de vue des applications, on ne saurait trop conseiller aux mytiliculteurs, comme une pratique excellente, l'élimination partielle des mâles, pratiquée bien entendu dans la mesure où cela ne peut pas être nuisible à la fécondation. Les questions touchant la reproduction de la moule sont mal connues encore, mais il est très probable, comme cela a lieu en règle très générale pour les animaux très prolifiques, que la semence d'une seule moule mâle suffit à féconder tout un lot de femelles. Dans cette hypothèse le mytiliculteur aurait donc tout intérêt à restreindre le nombre de ses mâles, comme on restreint le nombre des coqs dans une basse-cour, et à essayer d'obtenir par sélection une race où les femelles naîtraient en plus grande abondance. Il ne faut pas oublier d'ailleurs que, non seulement les moules femelles sont toujours plus grasses, mais que beaucoup de consommateurs les préfèrent aux mâles pour leur goût. Nous sommes au nombre de ceux-là.

Influence de l'âge. — Le maximum de la teneur en glycogène pour une même époque de l'année est atteint, comme nous l'avons vu, pour les moules de quinze à vingt

mois. Plus jeunes ou plus âgées, les moules n'accumulent plus autant de glycogène. Le maximum de la teneur en graisses est atteint exactement dans les mêmes conditions : ce sont les moules de quinze à vingt mois qui, été comme hiver, possèdent la plus grande charge graisseuse.

En résumé, ce sont les moules de quinze à vingt mois qui sont susceptibles d'emmagasiner la plus grande quantité de réserves. Plus jeunes ou plus âgées, leur faculté d'emmagasinement est moindre.

Les dosages qui nous servent de base ont été faits pour la plus grande part fin juillet. Il est intéressant de rappeler que l'augmentation de la teneur en glycogène correspond indubitablement, à cette période de l'année, au développement des produits sexuels. Il en résulte que les moules de quinze à vingt mois, qui sont celles renfermant le plus de glycogène, doivent être considérées comme renfermant le plus de produits sexuels, et par conséquent les plus prolifiques.

D'où la conclusion : les moules de quinze à vingt mois sont plus prolifiques que les moules plus jeunes ou plus âgées.

L'importance de ces deux conclusions théoriques n'échappera pas aux mytiliculteurs. Elles amènent à cette autre conclusion d'ordre pratique qu'il est inutile de conserver dans les parcs des moules âgées de plus de deux ans, mais qu'il est bon aussi de ne pas vendre trop hâtivement, à dix ou douze mois par exemple, pratique courante dans la Méditerranée. Le mytiliculteur a tout intérêt à attendre quelques mois de plus. Nous verrons plus loin que les moules de plus de deux ans, non seulement n'emma-

sinent plus autant et deviennent moins prolifiques, mais encore qu'elles n'augmentent plus de taille qu'avec lenteur. Elles encombrant en somme les piquets ou les cordes sans réel profit. Il est bon d'en garder quelques-unes en réserve ; leurs dimensions peuvent tenter l'acheteur mal renseigné, mais il faut en garder le moins possible. L'acheteur s'apercevra bien vite en effet que la chair de ces moules perd en saveur et gagne en dureté. Nous avons eu nombre d'occasions de goûter à des moules de quatre ans qui mesuraient 14 à 16 centimètres. Ce sont des dimensions qui imposent, mais la pulpe est dure et coriace.

Influence de la saison. — Le graphique que nous annexons à ce paragraphe résume mieux qu'une page de texte les variations saisonnières de la teneur de la moule en ses différentes réserves, variations longuement exposées d'ailleurs au cours des précédents chapitres. Un coup d'œil sur la courbe représentative des variations de la teneur en réserves totales (addition des teneurs en glycogène, graisse et glucose) suffit à montrer :

1° Que cette teneur augmente d'une façon continue et régulière (la courbe est à bien peu de choses près une ligne droite, sauf une très légère descente en mars) de janvier à fin août.

2° Qu'elle diminue brusquement entre la fin du mois d'août et le mois de septembre, puis beaucoup plus lentement ensuite, de septembre à décembre.

3° Que le maximum (août) atteint par les réserves est de 12 pour 100 environ du poids total de la pulpe égouttée.

4° Que le minimum (atteint en décembre) représente

3 pour 100 environ du même poids total, ce qui fait une différence de 9 pour 100, c'est-à-dire des trois quarts, entre le maximum et le minimum.

On remarquera aisément aussi sur le graphique la diminution des teneurs en glucose et en graisses (diminution correspondant à la période de plus grand emmagasinement du glycogène, avril à août) : — les courbes du glucose et des graisses redescendent en effet au moment où la courbe du glycogène s'élève de plus en plus, mais pas assez cependant pour faire redescendre la courbe des réserves totales. Ce sont les sucres qui diminuent les premiers (à partir du mois d'avril), puis les graisses diminuent à leur tour fin juin après avoir présenté un maximum en avril, mai, juin.

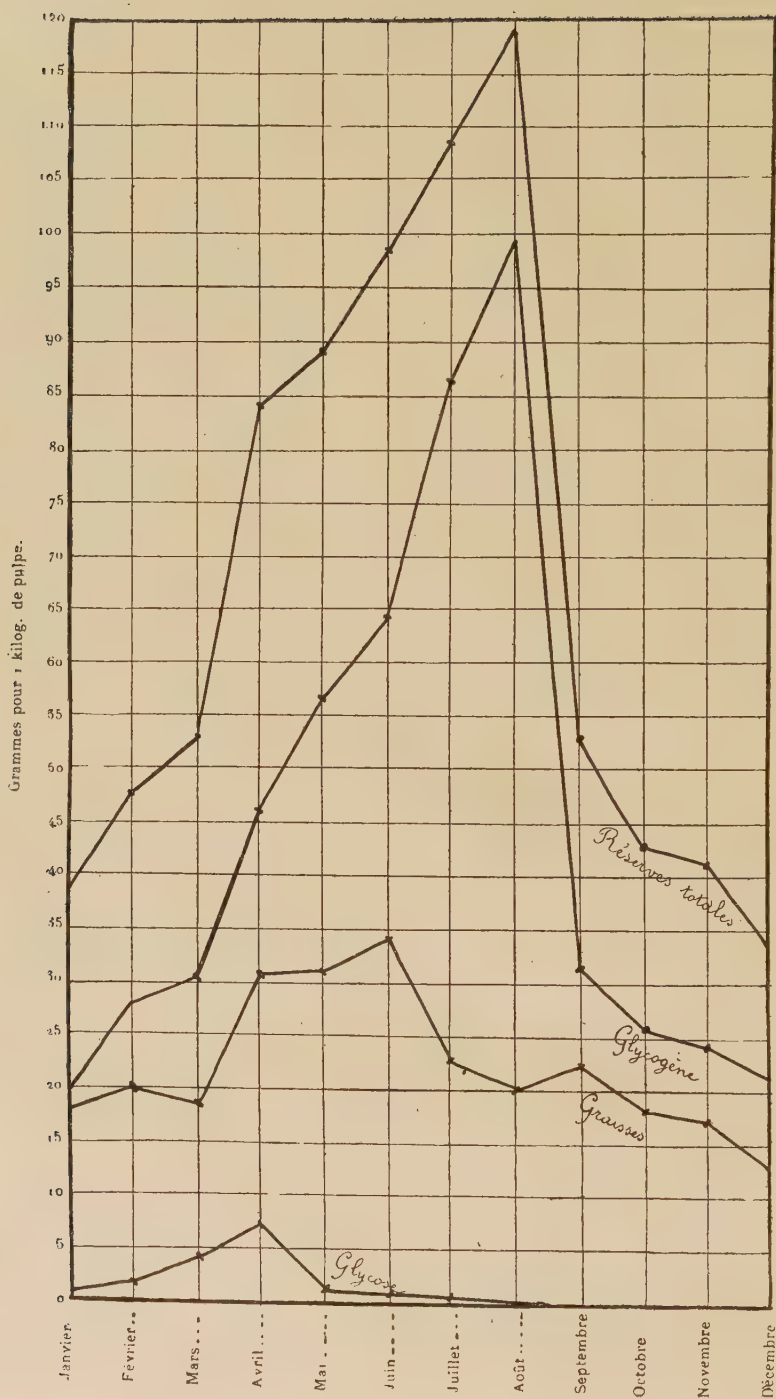
Ce sont là des faits extrêmement intéressants sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir. Concluons pour l'instant :

1^o L'époque de la surcharge en réserves de la moule est, pour la Méditerranée, celle qui va de mai à septembre.

2^o Le maximum de la surcharge est atteint en août, le minimum en décembre.

3^o C'est la surcharge glycogénique qui décide de l'allure de la courbe représentative de l'emmagasinement général.

Au point de vue pratique il est évidemment avantageux de ne récolter et vendre les moules que pendant la période d'emmagasinement des réserves. Les consommateurs ne voudraient d'ailleurs pas de moules maigres, et la vente du mollusque ne s'effectue guère sur les côtes méditerranéennes que de fin avril à fin septembre. D'octobre à mars le consommateur et le mytiliculteur chôment tous deux. Remarquons enfin que c'est pendant les mois de l'année dont le nom ne renferme pas d'r (mai, juin, juillet,



août) que les moules sont grasses et bonnes. C'est là un fait bien connu des amateurs de moules de la côte méditerranéenne.

Influence des marées. — Nous avons longuement étudié dans les chapitres précédents l'influence exercée tant par les marées artificielles que par les marées naturelles sur les teneurs en glycogène, glucose et graisses. Nous avons constaté partout sous cette influence une diminution de ces réserves, plus rapide au début, plus faible ensuite, mais nettement marquée toujours. Les variations saisonnières sont partout conservées cependant.

Il nous semble inutile de revenir dans ce chapitre de conclusions sur ce que nous avons déjà dit à trois reprises différentes, puisque le parallélisme est complet entre la façon de se comporter des trois espèces de réserves. Nous nous contenterons d'insister sur cette unité d'action des marées, et nous concluerons simplement que :

Les marées exercent dans la Méditerranée une action nocive sur l'engraissement de la moule.

Au point de vue pratique nous ne pouvons qu'encourager les mytiliculteurs méditerranéens à se consoler de l'absence dans leur mer d'un phénomène nocif, et les avertir du danger qu'il y aurait à vouloir y créer, à grands frais d'ailleurs, comme les précurseurs méditerranéens, des marées artificielles. Nous avons démontré autant qu'il est humainement possible de le faire l'influence nocive pour la moule d'une gymnastique aérienne (même de quelques heures par jour) et il est tout à fait urgent de faire disparaître ce vieux préjugé d'une influence heureuse

des marées. Vérité peut-être dans l'Océan, la chose devient dans la Méditerranée tout à fait inexacte. Retirer les cordes hors de l'eau cinq ou six fois par an, les nettoyer avec soin, les exposer même au soleil l'espace d'une journée pour se débarrasser des commensaux animaux et végétaux qui les encombre, voilà qui est parfait : la méthode est excellente. Mais hors de là laissons obstinément les moules dans leur élément naturel.

Influence du degré de salure. — L'influence du degré de salure sur la teneur en glucose est de peu d'importance et ne doit pas entrer en ligne de compte. Quant au glycogène et aux graisses, ils se comportent l'un et l'autre, vis-à-vis du degré de salure, de façon bien peu différente. Nous avons vu que l'emmagasinement le plus intense du glycogène correspond à des salures de 20 à 28 grammes par litre. Or, pour ces mêmes salures, l'emmagasinement des corps gras se fait également dans les conditions les meilleures. Il faut noter seulement quelques petites différences entre la façon de se comporter du glycogène et des graisses, différences dont il ne faut pas exagérer l'importance, et qui n'apparaissent plus, dès que l'on se place au point de vue pratique, que comme des différences de détail. C'est ainsi que l'emmagasinement des graisses s'intensifie à partir de salures plus basses que celles nécessaires au glycogène (15 grammes environ au lieu de 20). Ainsi encore l'emmagasinement des graisses reste intense, au moment des fortes chaleurs, jusqu'à des salures de 30 grammes environ, pour ne diminuer qu'à des salures plus élevées. Ainsi enfin l'optimum de salure correspon-

dant au plus grand emmagasinement du glycogène paraît être en toute saison la constante 27 grammes, alors que cet optimum n'est plus une constante pour les graisses, puisque situé à 27 grammes également pendant la plus grande partie de l'année, il s'élève néanmoins, avons-nous dit, au chiffre de 30 grammes de sel par litre lors de la saison la plus chaude. En d'autres termes l'emmagasinement de quantités abondantes de graisses commence, sur l'échelle des salures, avant celui du glycogène, et se poursuit un peu après lors de la saison chaude.

Il n'en reste pas moins vrai que c'est entre 20 et 28 grammes de sel par litre que se font les emmagasine-
ments les plus considérables. Entre 15 et 20 grammes les graisses seules sont susceptibles de s'accumuler, et le glycogène est peu abondant. Au-delà de 28 grammes la quantité de glycogène susceptible d'être accumulée diminue dans de très notables proportions et les graisses ne continuent à augmenter jusqu'à concurrence de salures de 30 grammes que pendant une période très restreinte de l'année. Il est à remarquer d'ailleurs que cette augmentation transitoire des graisses ne compense même pas, au moment où elle se produit, la diminution du glycogène qui s'opère au même moment.

De tout ceci nous pouvons conclure :

1° L'engraissement des moules de la Méditerranée est optimum dans les eaux renfermant 20 à 28 grammes de chlorures par litre.

2° Au-dessous de 18 grammes par litre, et au-dessus de 28 à 30 grammes, suivant la saison, l'engraissement se fait très mal.

La conclusion pratique est de ne pas tenter la mytiliculture en un point déterminé avant d'avoir soigneusement étudié les variations de la salure. Il est avantageux de ne s'adresser qu'aux points de la côte répondant à la salure optimum. Aucune exploitation ne devra être en tout cas tentée, si on la veut vraiment productive, dans des eaux dont la salure reste constamment au-dessous de 20 grammes ou au-dessus de 30 grammes. De façon générale, et pour plus de sûreté, il importerait d'ailleurs, avant de tenter un essai quelconque de thalassiculture, de s'adresser aux biologistes compétents dont les conseils épargneront bien souvent de coûteux impairs. Nous pourrions citer plus d'un exemple de fortunes gaspillées faute d'avoir pensé peut-être à la possibilité d'une pareille consultation.

Influence du mode de vie. — Le glycogène est toujours plus abondant chez les moules de cordes que chez les moules des bancs naturels. Il en est de même des graisses. D'où la conclusion générale :

L'engraissement de la moule est favorisé par les modes de culture actuellement usités dans la Méditerranée.

C'est là un fait bien connu sur lequel nous n'insisterons pas. Nous avons simplement voulu préciser par des dosages ce que la pratique avait enseigné. Il est à remarquer cependant que l'écart entre la teneur totale en réserves des moules cultivées et des moules sauvages diminue à mesure que l'on se rapproche de la période de l'engraissement maximum. Pour un même point de la rade de Toulon (parc de thalassiculture), l'écart constaté le 2 mai 1914 fut de 16 gr. pour 1000, et de 6 pour 1000 seulement le 20 juin

suivant. C'est là une remarque de détail, mais intéressante néanmoins.

Influence de la nutrition. — Glycogène et graisses augmentent avec une nourriture plus abondante. Ils diminuent parallèlement, au contraire, avec un jeûne plus ou moins prolongé. Comme il était facile de le prévoir, l'engraissement est en rapport direct avec l'alimentation.

Donc, avantage à faire de la mytiliculture dans les eaux riches en matières nutritives, animales et végétales, dans la mesure où l'hygiène du mollusque et du consommateur sont toutefois sauvegardées. Signalons à ce propos, comme remplissant à la fois les conditions d'hygiène indispensables et des conditions exceptionnelles de richesse alimentaire, les bassins abandonnés des anciens marais salants des îles de Ré et d'Oléron maintenant envahis par le phytoplancton et les infusoires ; ils constituent, aux dires de M. Fontaine, contrôleur de la marine, de la bouche duquel nous tenons ce détail, un véritable bouillon de culture liquide où les moules atteignent des dimensions et une richesse en réserves inconnues partout ailleurs. C'est la démonstration la plus évidente de l'influence tout à fait heureuse de la suralimentation.

C'est à cette même influence qu'il faut rattacher les bons résultats obtenus par M. Tanneguy de Wogan¹, qui avaient imaginé des bouchots à cadres mobiles mus à l'aide de voiles et de palettes actionnées par le vent et les courants. Il en va de même pour la présence maintes fois constatée

¹ L'ostréiculture et la mytiliculture intensives par le mouvement substitué à la stabulation (*Revue scientifique de Paris*, 1901).

de moules phénomènes sur la carène des bateaux rentrant de longs voyages (Petit de la Saussaye). Il est hors de doute, en effet, que le déplacement constant des mollusques interdit l'épuisement en matières nutritives par l'animal de milieux sans cesse renouvelés, et constitue le moyen idéal de suralimentation. Il n'a que le petit inconvénient de n'être pas absolument pratique. Ce qui est tout à fait pratique au contraire, c'est de placer les parcs à moules dans les points où l'eau est sans cesse renouvelée par les courants, comme c'est le cas pour le parc de thalassiculture du professeur R. Dubois.

Influence de l'aération. — La teneur en glycogène diminue rapidement, comme nous l'avons vu, chez les moules mises à sec qui, pendant sept à huit jours, peuvent rester vivantes avec, entre leurs valves, de l'eau de plus en plus confinée. Il en est de même pour la teneur en corps gras qui diminue plus rapidement encore. Bien qu'il faille faire à l'influence du jeûne une part assez large dans ces expériences, il nous semble hors de doute que :

Les milieux confinés sont défavorables à l'engraissement de la moule.

Résumé général. — Des neuf paragraphes qui précèdent on peut conclure que les conditions les plus favorables à l'engraissement sont remplies dans la Méditerranée par les moules :

- 1° Du sexe femelle;
- 2° Ayant quinze à vingt mois;
- 3° Récoltées de mai inclus à septembre inclus;

- 4° Non soumises à l'influence des marées;
- 5° Vivant dans des eaux dont la salure atteint 20 à 28 grammes par litre;
- 6° Cultivées par l'une des méthodes actuelles;
- 7° Bien nourries;
- 8° Bien aérées.

Les conditions nettement défavorables sont au contraire réalisées par les moules :

- 1° Ayant moins de dix mois;
- 2° Récoltées d'octobre inclus à mars inclus;
- 3° Soumises à l'influence des marées;
- 4° Vivant dans des eaux qui renferment moins de 15 grammes de chlorures par litre en plus de 32;
- 5° Abandonnées à leur mode de vie naturel;
- 6° Mal nourries;
- 7° Mal aérées.

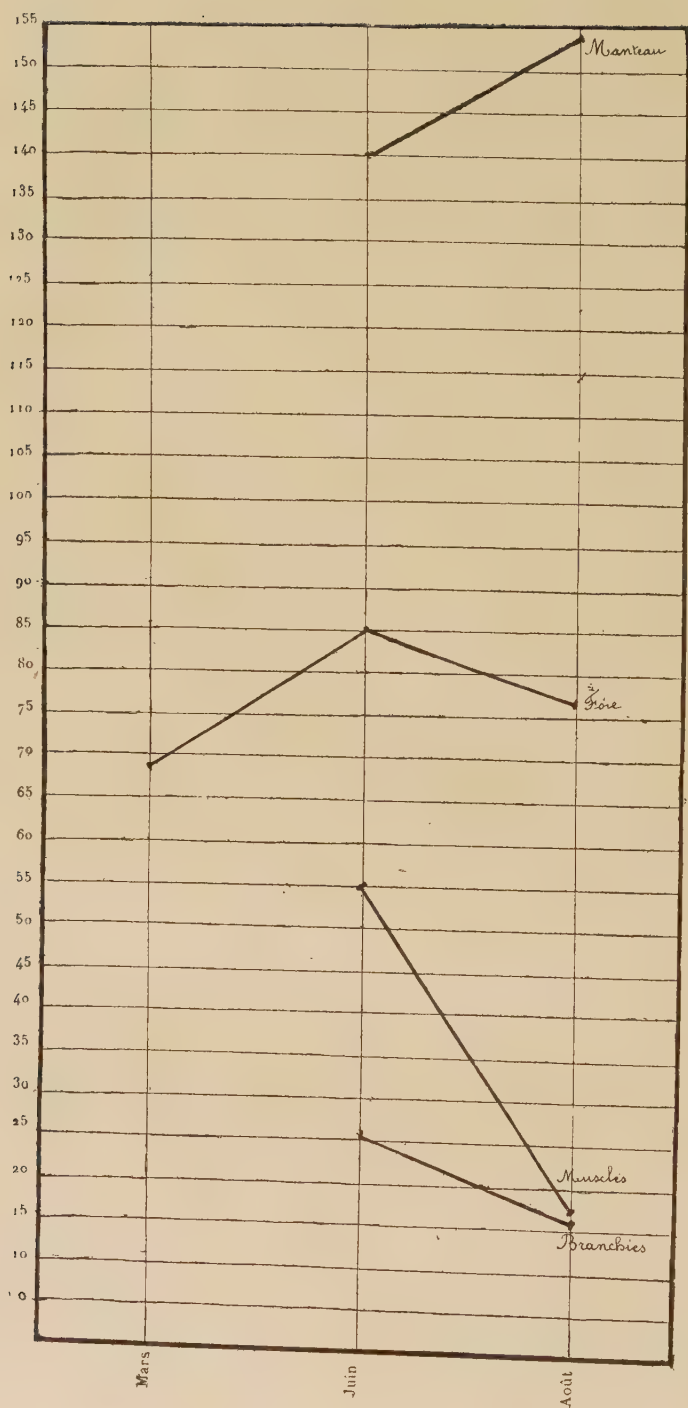
Il importe de faire remarquer que si les moules mâles ne deviennent jamais aussi grasses que les femelles, elles sont néanmoins susceptibles d'un engraissement important.

RÔLE DES DIFFÉRENTS ORGANES DANS L'ENGRAISSEMENT.

— Nous ne parlerons pas de l'emménagement infime du glucose, mais si l'on désigne par R la somme des teneurs en glycogène et en graisses, les variations de R avec la saison sont représentées pour les différents organes de la moule par les courbes ci-contre.

C'est, comme on le voit, le manteau qui possède en toute saison, et de beaucoup, le chiffre de réserves le plus élevé. Le maximum (153 grammes pour un kilogramme de pulpe) est réalisé en août, au moment du maximum de la sur-

Grammes pour 1 kilog. de pulpe



charge glycogénique. La diminution des graisses qui se produit à ce même moment, comme on le sait, n'est donc pas suffisante pour faire redescendre la courbe.

Après le manteau, c'est le foie (ou hépato-pancréas) qui est susceptible d'emmagasiner la plus grande quantité de réserves. Le maximum de la charge est atteint en juin, mais ne représente environ que la moitié de celui susceptible d'être atteint par le manteau (85 grammes pour 1000 au lieu de 153). A partir de juin, la somme des réserves du foie diminue lentement. Mêmes faits pour les appareils musculaire et respiratoire. L'emmagasinement qu'ils sont susceptibles de réaliser passe par un maximum vers le mois de juin. Ce maximum, qui est de 55 grammes pour 1000 environ pour les muscles, soit le tiers de celui qui peut être atteint par le manteau, n'est que de 25 pour 1000, soit moitié moins, pour les branchies. A partir de juin, la somme des réserves de ces organes diminue, et il est à remarquer que la diminution se fait deux fois plus vite dans les muscles que dans les branchies. En août, les teneurs de ces deux organes qui différaient dans la proportion du double au simple, sont devenues très sensiblement égales.

Considérons maintenant l'allure générale des quatre courbes représentées de juin à août. Une seule traduit une augmentation des réserves : celle du manteau. Les trois autres démontrent par contre une diminution : celles du foie, des muscles et des branchies. Que deviennent les réserves ainsi abandonnées par ces trois organes au cours de l'été ? Il nous semble logique d'admettre qu'elles émigrent vers le manteau et viennent contribuer à la formation d'autres réserves destinées, celles-là, aux embryons. On ne

voit aucune raison en effet, alors que les conditions de nutrition ne changent pas de juin à août, pour que des organes, comme le foie et les branchies, dont les fonctions ne varient pas, comme les muscles qui n'ont pas à fournir un travail plus important qu'à tout autre moment de l'année, éprouvent le besoin de faire appel à leurs réserves et de les consommer. Le naissain de la moule a un besoin tout à fait urgent, au contraire, de faire une importante provision de substances nutritives pour la période où il devra vivre sans être à même de puiser son alimentation dans le milieu extérieur. Tout se passe en tout cas comme si la thèse que nous soutenons était vérifiée.

D'où le rôle du manteau, ou mieux de la glande génitale, que nous pouvons maintenant poser : celui d'un organe emmagasinateur de réserves destinées aux embryons. Ces réserves, extrêmement abondantes au voisinage de l'émission du naissain, font la plus ou moins grande richesse nutritive de la moule et constituent le facteur primordial de son engraissement. Comme nous l'avions fait pressentir déjà, avoir étudié les conditions les plus favorables à l'engraissement de la moule c'est en somme avoir étudié du même coup les conditions les plus favorables à la reproduction.

Étudions le rôle des autres organes avec quelques détails : Le foie est, comme on l'a vu, relativement riche en glycogène toute la durée de l'année. Sa teneur est le double en hiver par exemple du reste de la pulpe (28 grammes pour 1000 contre 14). Arrivé l'été, sa teneur augmente encore, quoique plus faiblement, mais il est à remarquer qu'elle reste constamment inférieure à cette

époque au reste de la pulpe : 38 grammes pour 1000 contre 58 en juin, 54 contre 74 en août. Que conclure de ce changement sinon que sa fonction demeure, qu'il continue à être un organe emmagasinateur de glycogène, mais qu'il en emmagasine moins sans doute pour permettre précisément au manteau d'en emmagasiner plus ; ou encore, que tout en continuant à en emmagasiner autant il en abandonne à ce moment une partie au manteau ? Exclusivement emmagasinateur d'hydrates de carbone en hiver, il lance donc dans la circulation générale, dès qu'arrive l'été, une partie de ses réserves hydrocarbonées. Telle est la fonction glycogénique du foie. Considérons maintenant les graisses. Leur teneur diminue de moitié dans le foie lorsque l'on passe de juin à août. Pendant cette même période le manteau augmente au contraire la sienne. N'est-il pas logique d'admettre, avec moins d'hésitation encore que pour le glycogène, que des corps gras ont précisément émigré du foie vers le manteau ? Emmagasinateur de graisses en hiver et au printemps, comme il est emmagasinateur de glycogène, le foie livre donc ses corps gras de nouveau à la circulation dès que le mois de juin est dépassé. Telle est la fonction adipogénique. Bref, le foie aurait un double rôle emmagasinateur : rôle emmagasinateur des hydrates de carbone et rôle emmagasinateur des graisses. Il ne jouerait ce rôle, cependant, que pendant l'hiver et le printemps ; au début de l'été s'inaugurerait une nouvelle phase : phase de remise en circulation et finalement d'utilisation dans le manteau au profit des embryons. .

Nous pourrions répéter presque mot à mot pour les muscles ce que nous venons de dire pour le foie. Après

avoir emmagasiné du glycogène et des graisses jusqu'en juin, l'appareil musculaire cède à ce moment une grosse partie de ces réserves au manteau. Le fait est plus frappant encore que pour le foie. Les graisses en particulier diminuent brusquement dans des proportions considérables : de 22 pour 1000 à 4 pour 1000. Le glycogène passe, lui, de l'unité au tiers : de 33 à 14 pour 1000. Là encore il y a eu période d'emmagasinement, d'arrêt des réserves, puis une remise en circulation au moment le plus propice.

Mêmes faits encore pour les branchies, mais ce sont des graisses surtout que perd l'appareil respiratoire, ceci dans la proportion de 12 à 1. La diminution en glycogène est très faible et ne peut entrer en ligne de compte que pour mémoire.

De tout ceci un premier fait se dégage : savoir que les fonctions glycogénique et adipogénique sont loin d'être exclusivement hépatiques. Partout où nous les avons recherchées nous avons pu les mettre en évidence, ce qui nous autorise à conclure qu'elles sont bien plutôt cellulaires. Elles semblent s'être réparties dans tous les organes de façon à ce qu'à un moment donné l'organisme de la moule tout entier puisse concourir à un même but : la surcharge en réserves nutritives des jeunes destinés à la conservation de l'espèce.

Un deuxième fait sur lequel nous avons à insister, c'est que si le foie est après le manteau, comme nous l'avons vu, l'organe qui est susceptible d'emmagasiner la plus grande quantité de réserves, c'est lui qui se trouve également capable par la suite d'en retenir le plus dans ses cellules et d'en abandonner le moins à l'organe sexuel. Au moment

de la diminution générale des corps gras sa teneur ne diminue que de moitié, alors qu'elle diminue dans la proportion de l'unité au cinquième pour les muscles, et de l'unité au douzième pour les branchies. Bien qu'il en abandonne un peu, il augmente constamment son glycogène d'autre part pendant cette période. Nous ne sommes pas éloigné de penser qu'il faut voir dans ce fait comme un souci de l'organisme de ne pas se dépourvoir complètement au profit des jeunes moules. Tout en contribuant à la surcharge en réserves des embryons, le foie conserve avec prévoyance la quantité de réserves qui sera nécessaire plus tard à la mère. Il contribue ainsi à la conservation de l'espèce au moment où tous les organes y concourent, où la reproduction devient la fonction primordiale, mais il n'oublie pas d'assurer aussi la conservation de l'individu. Mis à part en d'autres termes le gros incident de la reproduction qui fait émigrer vers les jeunes (et aussi vers les spermatozoïdes puisque les faits sont parallèles bien qu'inégaux en intensité chez les mâles et les femelles) une grosse partie des réserves de l'organisme tout entier, on peut considérer que chez la moule, comme chez les animaux supérieurs, le foie est le premier des organes emmagasinateurs de réserves et le véritable régularisateur des fonctions de nutrition.

CHAPITRE VI

LES FERMENTS DE LA MOULE MÉTABOLISME DES RÉSERVES

Le glycogène, le sucre et les graisses de la moule ne restent pas continuellement sous ce même état. Comme toutes les réserves, ces corps sont susceptibles, à un moment donné, d'être utilisés pour fournir de l'énergie à l'animal et subissent des transformations plus ou moins profondes que nous n'avons pas à étudier. Mais il y a autre chose : ces réserves apparaissent comme susceptibles de se transformer les unes dans les autres avant leur utilisation (ainsi le glycogène en sucre, les graisses en glycogène), et il y a lieu d'envisager un métabolisme général des réserves de la moule. Il était intéressant d'en étudier au moins les points essentiels après avoir étudié les variations de la teneur en réserves de l'animal.

Transformation probable des graisses en glycogène. — La transformation des graisses en glycogène est admise à l'heure actuelle par presque tous les physio-

logistes. Nous rappellerons brièvement les faits qui ont amené à la constatation du phénomène :

1° On sait que l'absorption des féculents et des sucres favorise l'accumulation de la graisse dans l'organisme. Il y a donc des rapports biochimiques entre celle-ci et ceux-là.

2° Il est également de notion classique que dans certaines graines les graisses se transforment en amidon (glycogène végétal) et en sucre. Le règne végétal offre donc un exemple certain du rôle des graisses dans la glycogénèse.

3° Presque tous les physiologistes sont tombés d'accord sur ce fait que l'ingestion de glycérine augmente le glycogène (Luchsinger, Heidenhain), et bien que l'on aie pu objecter que la glycérine exerce simplement une action d'arrêt sur la transformation du glycogène en sucre (Ramson), le plus grand nombre a conclu à un rôle réel exercé par la glycérine dans la glycogénèse. Or la glycérine entre dans la constitution des corps gras. De plus, Bierry, V. Henry, Ranc ont trouvé que la glycérine, soumise à l'action des rayons ultra-violets, s'oxyde en milieu neutre en donnant de la glycérose, sucre à trois atomes de carbone. La même expérience faite en milieu alcalin donne naissance à un hexose : le β acrose.

4° Bouchard et Desprez ont montré que chez les sujets inanitiés, l'ingestion de graisses augmente considérablement la teneur des muscles en glycogène.

5° Nattan-Larrier a constaté qu'à la naissance, le foie de l'enfant est très chargé en graisses et peu en glycogène. Si l'on suit l'évolution réciproque de ces substances, on constate que dans les premiers jours la graisse disparaît, mais qu'en revanche le glycogène augmente.

6° C'est l'étude des animaux hibernants qui a apporté les faits les plus démonstratifs. Ainsi, l'on constate chez la grenouille qu'à la fin de l'hibernation, au moment où le glycogène augmente, les graisses diminuent. Voici, d'autre part, le résumé succinct des expériences du professeur R. Dubois¹, qui ont définitivement tranché la question :

Les marmottes, au cours de l'hibernation, s'endorment pendant un mois et se réveillent au bout de ce temps pour éliminer urines, fèces, excès d'acide carbonique, puis se rendorment pour un mois, etc. Au début des réveils mensuels, avant le réchauffement de l'animal, le foie renferme beaucoup de glycogène. Ce glycogène, au fur et à mesure du réchauffement, se transforme en glucose, qui est brûlé pour produire de la chaleur. Quand la provision est épuisée et que l'acide carbonique recommence à s'accumuler dans le sang, l'animal se refroidit de nouveau et se rendort. Il recharge alors son foie en glycogène, qui sera utilisé au prochain réveil, etc. Le professeur R. Dubois a montré que les marmottes qui sont à la diète absolue ne perdent, au moment des réveils, que de faibles quantités d'urée. Or, le glycogène ne pouvant pas prendre naissance aux dépens d'une alimentation hydrocarbonée, qui n'existe pas, ni se former aux dépens des albuminoïdes (car alors on trouverait beaucoup d'urée), il est par là même démontré que c'est la graisse qui sert à la fabrication du glycogène, on arrive aux mêmes conclusions par l'étude du quotient respiratoire $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}^2}$.

¹ Voir R. Dubois, *Physiologie comparée de la marmotte*. (*Ann. Univ., Lyon* 1896.)

7° E. Couvreur a montré également chez le ver à soie, pendant la période nymphale, la transformation de graisses en glycogène¹.

Ceci posé, il est très intéressant de constater, comme nous l'avons fait remarquer d'ailleurs en passant à plusieurs reprises, que la diminution des graisses, qui s'opère en été dans tous les organes de la moule, correspond précisément à la période de plus grande augmentation du glycogène. D'un fait isolé, nous n'aurions pas osé conclure, mais une pareille constatation venant après les travaux que nous avons exposé, nous paraît avoir la valeur d'une confirmation. Tout se passe chez les mollusques comme chez la marmotte, la grenouille, ou le foie de l'enfant, et une partie des graisses s'y transforme en glycogène en même temps que, des différents organes de l'animal, du glycogène émigre également sous sa forme de glycogène vers le manteau, qui constitue un centre d'appel.

Il faudrait alors comprendre de la façon suivante les variations des graisses par rapport à la vie sexuelle de la moule : — emmagasinement au printemps (avril-juin), transformation d'une partie de cette réserve grasseuse en glycogène au début de l'été (juillet-août), pour contribuer à la formation des réserves de l'embryon : enfin, puisque les graisses continuent à diminuer après l'émission du naissain, transformation, moins rapide et moins importante pourtant, des graisses en glycogène, destiné peut-être à remplacer dans la mesure utile celui transporté des différents organes de la mère sur le naissain (septembre). Vers

¹ *Ann. Soc. Linn. Lyon*, 1897.

octobre, la moule est revenue au chiffre de sa teneur normale en corps gras (1,8 pour 100 environ).

Transformation du glycogène en sucre. — Glycogénase. — On connaît, depuis Cl. Bernard, la possibilité de la transformation du glycogène en glucose. En même temps que le phénomène lui-même, le grand physiologiste découvrait d'ailleurs son mécanisme, dû à l'action hydrolysante d'un ferment : ferment glycogénique ou glycogénase.

Cette glycogénase existe chez les moules comme chez les animaux supérieurs. Elle est l'agent d'une transformation en glucose d'une partie du glycogène de ces mollusques qu'il est facile de démontrer. Il suffit d'extraire de la moule le ferment en question, de le faire agir sur une solution de glycogène : au bout d'un temps plus ou moins long, le glycogène aura complètement disparu de la solution et sera remplacé par du glucose ; la solution ne donnera plus les réactions caractéristiques du glycogène, mais réduira par contre la liqueur de Fehling.

Pour cette extraction de la glycogénase, nous nous sommes servi de la méthode des macérations : macération pendant quarante-huit heures environ dans poids égal d'une solution de fluorure de sodium à 2 pour 100, ou dans trois fois son poids de glycérine. Il suffit de décantier finalement sur un filtre. On pourrait aussi extraire cette glycogénase par le procédé de l'atmolyse du professeur Dubois, employé par E. Cuvreur sur un autre mollusque, l'Escargot. (Voir thèse de M^{lle} Bellion).

Disons enfin que le glycogène diminue *post mortem*

chez *Mytilus*, en même temps que le glucose augmente. Il est facile de s'en rendre compte par des dosages.

Il s'agit bien d'une action diastasique. Tout ce qui est susceptible en effet de favoriser ou d'entraver l'action d'un ferment favorise ou entrave cette transformation de glycogène en sucre. Si au lieu d'opérer, par exemple, à la température du laboratoire, on opère vers 30-35 degrés, le glycogène diminuera plus vite, en même temps qu'augmentera plus vite également le glucose. Voici quelques chiffres à ce sujet :

DATES	Tempé- rature	GLYCOGÈNE		GLUCOSE	
		Teneur primitive	Au bout de 15 heures	Teneur primitive	Au bout de 15 heures
—	—	—	—	—	—
	degrés	gr. o/oo	gr. o/oo	gr. o/oo	gr. o/oo
30 janvier 1914 .	+ 12	23,858	15,902	»	»
— — .	+ 35	23,858	13,300	»	»
19 février 1914 .	+ 12	»	»	1,688	3,493
— — .	+ 35	»	»	1,688	4,133

Après ébullantage, on n'assiste plus, par contre, à aucun phénomène du même genre. La glycogénase est détruite à 100 degrés, et les teneurs respectives en glycogène et en glucose demeurent les mêmes *post mortem*.

Nous nous sommes déjà inquiété de savoir si la fonction glycogénique de la moule était plus spécialement hépatique ou beaucoup plus générale au contraire. Voici un nouveau fait : de la pulpe de moule, d'où le foie a été détaché, il est possible d'extraire, par la méthode indiquée plus haut, de la glycogénase, tout comme d'un foie isolé. Le ferment mis en présence d'une solution de glycogène transforme intégralement dans les deux cas ce corps en sucre. La fonction glycogénique apparaît donc bien, là encore, non pas

comme une fonction localisée dans un organe à l'exclusion des autres, mais comme une fonction de tous les organes, de toutes les cellules peut-être.

Mais un fait saute aux yeux, sur lequel il y a lieu maintenant d'insister : c'est la très faible quantité de glucose mise en liberté dans l'organisme de la moule par l'action de la glycogénase. Ce n'est qu'une très petite partie du glycogène qui semble transformée en sucre, puisque le foie, par exemple, dont la teneur en glycogène peut atteindre 57 grammes pour 1000, ne renferme jamais plus de 7 grammes pour 1000 de glucose, puisque, d'autre part, le manteau dont la teneur en glycogène atteint en août près de 125 grammes pour 1000, ne nous a révélé que 3 grammes pour 1000 de glucose vers la même époque. Il ne faut pas oublier enfin que le glucose est longtemps à l'état de simples traces dans tous les organes, et cela malgré la présence constante toute l'année du ferment glycogénique.

On sait cependant quelle est l'importance du sucre dans les organismes comme source d'énergie, et l'on arrive ainsi à se poser une question nouvelle : à se demander où la moule puise son énergie vitale. Est-ce dans une transformation du glycogène en produits d'oxydation ? C'est la première idée qui nous soit venue, et nous avons essayé de la vérifier. Nous avons, dans ce but, recherché chez la moule la présence d'une peroxydase susceptible d'effectuer la transformation supposée. Ceci à deux époques intéressantes de l'année : 1° en février, au voisinage du maximum de la teneur en glucose de *Mytilus* ; 2° en août, au moment de la surcharge glycogénique et de la réduction du glucose

à l'état de traces indosables. Comme mode opératoire : macération des tissus broyés dans une solution de fluorure de sodium à 2 pour 100 pendant environ vingt heures, filtration et essai sur le filtrat des principales réactions des oxydases et des peroxydases. Voici les résultats obtenus :

19 février 1914. — 1° Le filtrat donne, avec une solution de pyrogallol à 1 pour 60 dans l'eau distillée, une coloration brune (réaction favorable).

2° Avec l'eau oxygénée neutralisée additionnée de quelques gouttes de teinture de gaïac, le filtrat donne une teinte bleue plus foncée que celle de la solution témoin (réaction favorable).

3° Avec une solution d'hydroquinone à 1 pour 100 dans l'eau distillée, le filtrat donne un précipité rose légèrement violacé au lieu d'une coloration brune. Il ne se dépose pas de cristaux verts de quinhydrone.

4° Avec le réactif de Rohmann et Spitzer (solution contenant une molécule de paraphénylène diamine, une d' α -naphtol et trois de soude) le filtrat donne un précipité jaune canari au lieu d'une coloration violette ;

5° Avec le gaïacol, enfin, en solution concentrée dans l'eau distillée, le filtrat donne un précipité légèrement rouge (réaction favorable).

2 août 1914. — 1° Coloration et précipité brun par le pyrogallol.

2° Avec de l'eau oxygénée neutralisée et additionnée de gaïac, coloration bleue plus intense qu'avec l'eau oxygénée neutralisée et le gaïac seul.

3° Avec l'hydroquinone, coloration et précipité rose violacé.

4° Avec le gaïacol précipité légèrement rouge.

De tout ceci on peut conclure à la présence d'une oxydase chez la moule. Pieri et Portier¹ avaient déjà signalé d'ailleurs la présence d'une oxydase dans les branchies et les palpes labiaux de *Mytilus*. Mais les réactions qui précèdent indiquent que cette oxydase n'existe évidemment qu'en très faible quantité, à quelque époque de l'année que ce soit d'ailleurs. Un essai tenté sur des foies détachés, par la même méthode, avec la pensée qu'ils contiendraient peut-être plus d'oxydase que le reste de la pulpe et donneraient des réactions plus franches, ne nous a rien apporté de plus. Voici pour mémoire, cependant, les réactions obtenues avec le filtrat de foie, réactions qui indiquent la présence fort nette de l'oxydase dans le foie :

1° Avec le pyrogallol, coloration brun foncé.

2° Avec l'eau oxygénée neutralisée additionnée de gaïac, coloration bleue plus intense qu'avec la solution témoin. Très abondant dégagement de bulles gazeuses.

3° Avec l'hydroquinone, coloration lie de vin.

4° Avec le gaïacol précipité légèrement rose.

Disons enfin que malgré tous nos efforts nous n'avons pu parvenir en faisant agir des extraits fluorurés ou glycerinés de foie ou de pulpe de moule, sur des solutions sucrées, à constater une diminution de la quantité de glucose. Même après quarante-huit heures de contact à 30 degrés, la solution témoin, (ne renfermant pas d'oxydase) et les solutions sucrées soumises à l'action de l'oxydase, renfermaient la même quantité de sucre.

¹ Pieri et Portier, Présence d'une oxydase dans certains tissus des mollusques acéphales (*Archives de Physiologie*, 1897, p. 60).

Que conclure en dernière analyse? Il semblerait bien, vu la faible quantité d'oxydase contenue dans les moules, vu surtout notre impuissance à constater une action sur les solutions sucrées, qu'il faille abandonner l'hypothèse d'une transformation du glycogène en produits d'oxydation du glucose. Il ne faut pas oublier non plus que le sucre sert surtout à la production d'énergie calorifique, que Bierry et Ranc ont récemment démontré le rapport existant entre la teneur en sucre du sang des animaux et leur température normale. Or, la moule est précisément un animal à sang froid, à vie passive, à réactions sensibles et motrices fort réduites. Ne se peut-il pas que le rôle de la combustion du glucose soit secondaire chez la moule adulte? Le rôle essentiel du glycogène ne serait-il pas plutôt chez *Mytilus* de s'accumuler dans l'embryon? Et l'embryon, embryon cilié très mobile, accomplissant par cela même beaucoup de travail, dépensant beaucoup d'énergie, ne contiendrait-il pas, lui, par contre, une glycogénase ou une oxydase susceptible d'utiliser rapidement et facilement ses réserves de glycogène aussi longtemps qu'il en aura besoin?

Nous nous contenterons de poser le point d'interrogation.

Nous signalerons, pour terminer, quoi qu'il en soit, un fait singulier. En dehors du ferment oxydant que nous y avons décelé, la moule adulte renferme, comme certains autres mollusques d'ailleurs, une substance ferrugineuse qui persiste après la destruction de la zymase par la chaleur, et qui, oxydante elle-même, est capable de caraméliser le sucre entre + 70 et + 75 degrés. On connaît les retentissantes expériences du professeur R. Dubois sur la biophotogénèse, phénomène réductible en dernière analyse

à l'action d'une zymase oxydante (la luciférase) sur une albuminoïde spéciale (la lucitérine). Le professeur R. Dubois a démontré qu'à côté de cette luciférase *Pholas dactylus* renferme une substance ferrugineuse oxydante elle-même. C'est de sa méthode d'extraction que nous nous sommes servi. Elle est la suivante : On dessèche grossièrement d'abord les mollusques en les roulant dans de la craie pulvérisée bien sèche, puis, pour compléter la dessiccation, on les laisse pendant vingt-quatre heures dans une étuve à 35 degrés au milieu d'un excès de craie. Au bout de vingt-quatre heures, ce tout est pulvérisé aussi finement que possible, et la poudre obtenue est traitée par l'éther (trois quarts d'heure de contact environ). On décante, puis on dessèche ce qui est resté sur le filtre dans un dessécheur à chlorure de calcium ou à acide sulfurique pendant environ trente-six heures. Le produit sec est finalement mis en contact avec un sirop sucré et laissé dans l'étuve à 70 degrés pendant quelques heures. On assiste dans ces conditions à la caramélisation du sucre. Cette opération a fort bien réussi chez la moule, puisque des sirops de glucose ou de saccharose ont été caramélisés très nettement dans ces conditions après séjour de seize à vingt-quatre heures dans l'étuve à 70 degrés.

Reste à savoir si ce composé ferrugineux, insoluble dans le fluorure de sodium ou la glycérine, ne passant pas, par conséquent, dans les pseudo-solutions d'oxydase employées au cours de nos recherches, joue un rôle dans une transformation possible du glycogène en produits d'oxydation avancés. La chose n'est pas du tout invraisemblable et l'on peut fort bien entrevoir que la

présence de ce composé soit indispensable. Mais nous entrons en plein dans le domaine de l'hypothèse, et c'est à de longues et difficiles expériences, qui ne peuvent pas entrer dans le cadre de ce travail, qu'il conviendrait de s'adresser pour finalement faire la lumière dans ce débat. Là encore, nous nous contenterons d'apporter les faits que nous possédons et de poser le point d'interrogation¹.

¹ D'après M. le professeur R. Dubois ce composé ferrique oxydant provient de la destruction de la luciférase.

CHAPITRE VII

DÉVELOPPEMENT DE LA MOULE

MALADIES DE LA MOULE

Nous entendons par développement de la moule son accroissement dans les trois dimensions de l'espace (longueur, largeur, épaisseur). Parallèlement à l'influence des différents facteurs biologiques sur l'engraissement de la moule, il nous a paru intéressant d'étudier l'influence de ces mêmes facteurs sur le développement. Pareille étude nous permettra de savoir en effet, quelles relations existent entre les deux choses, de savoir autrement dit si les mêmes facteurs favorisent l'une et l'autre, ou si certaines des conditions favorables à l'engraissement, par exemple, ne sont pas défavorables au contraire, au développement de la moule. Nous connaissons alors les conditions biologiques favorables à la vie du mollusque et pourrons en dernière analyse, tirer des conclusions pratiques, importantes, puisque ces conditions sont précisément celles que le mytiliculteur devra chercher à réaliser. Il n'est pas suffisant d'engraisser les moules. Pour avoir de beaux

produits, commercialement recherchés, il faut encore savoir les développer, et l'idéal est précisément de réaliser à la fois un bon engraissement et un beau développement.

Influence du sexe. — Nous avons étudié les différents facteurs du développement, à trois époques de l'année, sur des moules mâles et femelles, prélevées à la même corde du parc de mytiliculture, moules ayant constamment vécu dans les mêmes conditions biologiques et ayant, d'autre part, le même âge. Le tableau ci-dessous donne nos résultats :

DATES	Longueur moyenne en millimètres		Largeur moyenne en millimètres		Épaisseur moyenne en millimètres		Poids moyen d'une moule à dimension égale		Poids de coquilles par kilog. de moules		Poids de pulpe par kilog. de moules		Poids d'eau de mer par kilog. de moules	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Février . . .	51	53	25	25	16	17	gr. 20,8	gr. 24,7	gr. 312	gr. 315	gr. 198	gr. 232	gr. 490	gr. 453
Mai . . .	74	76	41	43	28	29	29,9	32,3	»	»	»	»	»	»
Août . .	70	73	36	37	26	26	30,4	32,8	307	311	296	312	397	377

Sans entrer dans aucune considération sur l'influence exercée par la saison, sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir, nous voyons immédiatement :

1° Que les longueur, largeur, épaisseur des moules mâles ou femelles évoluent à peu près parallèlement au cours du développement. C'est à peine si dans l'ensemble les moules femelles s'accroissent un peu plus vite puisque

la différence en faveur de ces dernières ne nous a jamais paru dépasser 3 millimètres.

2° Qu'à dimensions égales, et pour des moules de taille courante de 5 à 7 centimètres, le poids moyen des moules femelles est toujours supérieur de 1 à quelques grammes à celui des mâles.

3° Que cette différence de poids en faveur des femelles tient à un développement plus considérable de la pulpe au dépens de l'eau contenue entre les valves, puisque les poids de coquille, par kilog. de moules mâles ou femelles sont à 3 ou 4 grammes près les mêmes. Après ce que nous savons de la teneur toujours plus grande en réserves des moules femelles, ce résultat n'a rien qui doive nous surprendre. Les moules femelles contenant plus de réserves contiennent plus de pulpe. Or la pulpe de moule a une densité un peu supérieure à celle de l'eau de mer qui pourrait dans la coquille occuper sa place. Disons que, vu l'impossibilité de distinguer extérieurement les moules mâles des moules femelles il nous a fallu tourner la difficulté en pesant un lot de moules assez considérable chaque fois, et en inscrivant les poids sur une étiquette que l'on fixait à l'animal. Les coquilles étaient ensuite ouvertes et les sexes reconnus. On rencontre environ une moule mâle sur huit à dix femelles.

En résumé. — Les moules femelles croissent à peine plus vite que les mâles, mais elles renferment plus de pulpe et sont plus lourdes à dimensions égales.

Influence de l'âge. — Voici les chiffres obtenus chez des moules de six à trente-six mois prélevées le même

jour (10 juillet) aux cordes du parc de thalassiculture de Tamaris :

	Longueur moyenne en millimètres	Largeur moyenne en millimètres	Épaisseur moyenne en millimètres	Poids moyen d'une moule	Poids de coquilles par kilog. de moules	Poids de pulpe par kilog. de moules	Poids d'eau de mer par kilog. de moules
				gr.	gr.	gr.	gr.
6 mois.	38	21	13	5	316	202	482
10 mois.	49	26	17	10,5	301	212	486
15 mois.	65	33	22	22,2	298	238	464
20 mois.	74	38	27	33,3	268	207	525
36 à 42 mois .	94	46	36	80	329	229	442

Ce tableau nous permet de connaître les dimensions moyennes dans les trois plans de l'espace des moules de différents âges, ainsi que les poids correspondant à ces dimensions. Ces chiffres ont leur intérêt documentaire. Il est intéressant pour un anatomiste, et aussi pour un mytiliculteur, de savoir que les moules de six mois par exemple ont environ 4 centimètres de longueur et un poids de 5 grammes, les moules de dix mois 5 centimètres environ et un poids de 10 grammes, les moules de quinze mois 6 à 7 centimètres pour un poids de 20 à 25 grammes, etc. Mais les chiffres précédents nous permettent de tirer encore trois conclusions importantes, à savoir :

1° Que c'est entre le dixième et le vingtième mois de leur vie que les moules augmentent le plus rapidement leurs dimensions et, par conséquent, leur poids. Avant le

dixième mois l'accroissement se fait plus lentement. Après le vingtième, il est tout à fait lent.

2° Que ce sont les moules de quinze mois environ qui, comparativement au poids de leur coquille et de l'eau de mer renfermée entre leurs valves, possèdent la plus forte proportion de pulpe et ont, par conséquent, la plus grande valeur nutritive.

En résumé. — L'optimum du développement de la moule coïncide avec le quinzième mois de la vie de ce mollusque. Avant et après ce quinzième mois, l'accroissement en dimensions et le développement de la pulpe se font de façon bien moins satisfaisante.

Voici d'ailleurs une autre série de chiffres pour des moules de dix-sept mois et au-dessus dont la simple inspection montre qu'au delà de dix-sept mois : *a)* le poids de la pulpe par rapport au poids total de l'animal diminue ; *b)* le poids de la moule diminue ; *c)* le poids de la coquille augmente.

ÂGES des moules	POIDS		
	de coquille	de pulpe	d'eau de mer
	(par kilogramme d'animal)		
17 mois	266 gr.	230 gr.	504 gr.
19 —	265 —	165 —	570 —
20 —	311 —	161 —	528 —
22 —	271 —	185 —	544 —
23 —	281 —	224 —	495 —
24 —	312 —	225 —	463 —
26 —	280 —	213 —	507 —
27 —	323 —	209 —	468 —

Au delà de dix-sept mois c'est donc la coquille seule qui fait l'accroissement en poids des moules, au dépens de l'eau de la moule et de la pulpe.

Influence de la saison. — Dédution faite de l'influence de l'âge qu'il est impossible d'éliminer, puisque les moules ne naissent guère qu'en septembre et que l'on ne peut par conséquent trouver aux différents mois de l'année des moules ayant l'âge que l'on voudrait, la vitesse de croissance en longueur, largeur et épaisseur de moules vivant sur la même corde, dans des conditions biologiques semblables, ne nous a paru varier avec les différentes époques de l'année que de quantités minimales. Quel que soit le mois considéré, les moules s'accroissent en coquille avec une vitesse égale. Les mensurations faites à ce sujet nous ont donné des différences si peu importantes qu'il ne nous paraît pas nécessaire de les reproduire.

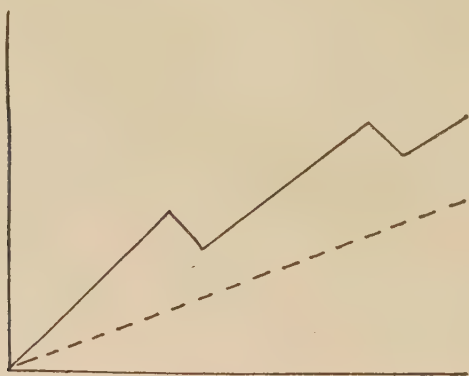
Le développement de la pulpe se fait par contre avec des vitesses inégales suivant la saison considérée. Cette vitesse passe pour un maximum au cours d'une année pour rétrograder ensuite. C'est ainsi que pour un kilogramme de coquilles les poids de pulpe correspondant ont été de février à septembre 1913 pour les mêmes moules suivies dans leur évolution :

6 février.	335 gr.	13 août	736 gr.
18 avril	446 —	23 —	625 —
8 mai.	527 —	28 septembre . . .	611 —
27 juin	617 —	15 novembre. . .	424 —
24 juillet.	675 —		

Ce tableau nous montre : 1° Que la rapidité la plus grande du développement de la pulpe est atteinte entre juin et août, soit à l'époque du maximum de la charge en réserves ; 2° Que le printemps correspond à un développement assez rapide quoique inférieur ; 3° Qu'à partir du moment où la moule met en liberté ses embryons (entre la mi-août et la

fin août) le poids de la pulpe diminue, mais sans cependant redescendre au chiffre du printemps précédent.

En résumé : le développement de la moule en coquille n'est pas influencé par la saison ; le développement de la pulpe augmente au cours de chaque année jusqu'à un maximum, mais ne s'opère pas de façon régulière : il passe par un maximum au moment de la surcharge en réserves pour rétrograder ensuite. La courbe représentative de ce développement affecterait en somme l'allure de la ligne figurée ci-contre en trait plein, la ligne droite figurée en pointillé étant celle du développement de la coquille.



Nous avons volontairement laissé dans l'ombre, au paragraphe de l'influence du sexe, un petit point de détail qui trouve mieux sa place ici. A l'époque de la surcharge en réserves, en août, la différence entre les poids de pulpe mâle et femelle par kilogramme d'animal est relativement minime (16 pour 1000) ; elle est beaucoup plus importante en hiver (34 pour 1000), et ceci correspond à une différence de poids plus grande entre les mâles et les femelles à

mesure que l'on va de l'été vers l'hiver. Ce fait n'a rien qui doive nous étonner étant donné ce que nous savons de la répartition du glycogène. On se rappelle en effet que les moules mâles et femelles en contiennent les unes et les autres en grandes quantités au moment de la surcharge glycogénique. En hiver au contraire, lors du minimum de l'emmagasinement du glycogène, les moules femelles en contiennent encore 4 pour 100 contre 1 pour 100 seulement chez les moules mâles.

Influence des marées. — L'émersion des moules pendant un certain nombre d'heures par jour exerce une influence nocive sur le développement en longueur, largeur et épaisseur de l'animal. Voici, par exemple, les chiffres relevés à trois époques de l'année sur des moules prises respectivement à l'extrémité supérieure de piquets du parc de mytiliculture (découvrant par conséquent à toutes les marées), et des moules ne découvrant jamais, prises 25 à 30 centimètres plus bas sur les mêmes piquets :

DATES	LONGUEUR MOYENNE DES MOULES		LARGEUR MOYENNE DES MOULES		ÉPAISSEUR MOYENNE DES MOULES	
	Subissant la marée	Ne subissant pas la marée	Subissant la marée	Ne subissant pas la marée	Subissant la marée	Ne subissant pas la marée
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Février 1914 ..	54	58	27	30	16	17
Mai — .	62	70	32	40	23	26
Août — .	60	65	34	37	22	27

Ces chiffres sont suffisamment démonstratifs. Ils montrent nettement que les moules soustraites à l'influence des marées se développent avec plus de rapidité puisque à quelque moment de l'année qu'on les considère, leurs dimen-

sions sont plus grandes. Il ne peut s'agir d'une influence de la salure, car, nous l'avons démontré précédemment, la salure ne diffère au parc de mytiliculture que 1 m. 50 à 2 mètres au-dessous du niveau moyen des eaux.

Le développement de la pulpe est également influencé par les marées. Voici les chiffres correspondant aux poids de pulpe, par rapport au poids total de l'animal, pour des moules soumises et non soumises aux marées naturelles, recueillies aux mêmes dates et aux mêmes endroits des mêmes piquets :

DATES	POIDS DE PULPE EN GRAMMES PAR RAPPORT AU POIDS TOTAL DES MOULES	
	Moules soumises aux marées	Moules non soumises aux marées
Février 1914 . .	180 gr. 0/00	192 gr. 0/00
Mai 1914 . . .	204 —	237 —
Août 1914. . .	394 —	428 —

Dans une deuxième série de recherches nous avons étudié l'influence des marées artificielles :

Moules soumises à huit heures d'émersion journalière.

DATES	POIDS DE PULPE EN GRAMMES par rapport au poids total des moules	
	Moules subissant l'émersion	Moules ne subissant pas l'émersion
Au début (20 avril 1914).	511 gr. 0/00	
120 jours après (18 août 1914)	136 gr. 0/00	200 gr. 0/00

Nous avons déterminé également les poids de pulpe par rapport à un kilogramme de coquilles. Voici les chiffres obtenus du 24 juin au 28 septembre 1913 pour la pulpe de moules émergées douze heures par jour et la pulpe de moules témoins constamment immergées.

DATES	POIDS DE LA PULPE EN GRAMMES POUR UN KIL. DE COQUILLES	
	Moules subissant les marées	Moules ne subissant pas les marées
24 juin 1913 (début).	617 gr. 0/00	617 gr. 0/00
24 juillet	506 —	675 —
31 août	624 —	619 —
28 septembre	601 —	618 —

Les deux premiers de ces trois derniers tableaux nous donnent des chiffres constamment supérieurs pour la pulpe des moules ne subissant pas les marées, depuis février jusqu'à la mi-août.

Mêmes faits dans le dernier tableau jusqu'à la même date, et aussi en septembre. Mais fin août une inversion se produit : c'est la pulpe des moules soumises aux marées qui donne le chiffre le plus élevé, et qui par conséquent atteint le plus grand développement. Est-ce à dire que le développement de la pulpe n'est pas diminué par l'action des marées comme semblaient l'indiquer tous les autres chiffres ? Non. C'est tout simplement que fin août les moules soumises aux marées n'ont pas encore mis leurs embryons en liberté, restent encore gorgées de glycogène, alors que les moules témoins ont mis déjà en liberté les leurs. Cette exception à la règle ne prouve qu'une chose : un retard de l'émission des larves chez les moules soumises à l'action des marées. Non seulement les marées entravent le développement de la pulpe, mais elles entravent encore dans une certaine mesure le développement des embryons. Les deux choses se tiennent d'ailleurs, comme nous l'avons fait observer à plusieurs reprises. C'est l'emmagasinement du glycogène, c'est-à-dire le développement des embryons

qui fait le développement de la pulpe, et inversement. Toute influence agissant défavorablement sur le développement des embryons doit se faire par conséquent sentir de la même façon sur le développement de la pulpe.

Défavorables au développement de la coquille, défavorables aussi au développement de la pulpe, les marées doivent fatalement réagir de façon défavorable sur l'accroissement en poids des moules. C'est ce que nous avons pu vérifier sur des moules soumises à douze heures d'émersion journalière. Voici les chiffres obtenus :

DATES	POIDS DES MOULES soumises aux marées	POIDS DES MOULES non soumises aux marées
24 juin 1914 (début)	2.707 grammes	2.720 grammes
9 juillet (15 j. après)	2.760 grammes Augmentation = 53 grammes depuis le 24 juin	2.783 grammes Augmentation = 63 grammes depuis le 24 juin
24 juil. 1914 (30 j. après)	2.755 grammes Augmentation = 48 grammes depuis le 24 juin	2.795 grammes Augmentation = 75 grammes depuis le 24 juin
23 août 1914 (60 j. après)	2.670 grammes Diminution = 37 grammes depuis le 24 juin	2.706 grammes Diminution = 14 grammes depuis le 24 juin

Là encore, comme nous l'avons observé pour le glycogène et les graisses, l'influence nocive des marées ne va pas jusqu'à abolir l'influence des saisons : on la retrouve nettement. C'est ainsi qu'après une diminution de poids de 53 grammes pendant les quinze premiers jours (du 24 juin au 9 juillet), les trois kilogrammes de moules soumises aux

marées augmentent néanmoins leur poids de 48 grammes un peu plus tard (24 juillet), au moment de la surcharge en réserves. Mais il est à remarquer que les moules témoins, qui d'ailleurs avaient augmenté de 63 grammes pendant les quinze premiers jours, augmentent, elles, de près du double, au moment de cette même surcharge. Après l'émission des larves, aux environs du 23 août, le poids des moules soumises aux marées diminue de nouveau, et il diminue deux fois plus vite environ que celui des moules témoins. Bref, les moules soumises à l'influence des marées, tout comme les autres, peuvent augmenter leur poids avec la surcharge en réserves, mais elles l'augmentent beaucoup moins que les moules soustraites à cette même influence. De plus, au moment de la diminution des réserves, celles-ci diminuent plus vite que celles des moules témoins.

En résumé, l'influence des marées naturelles ou artificielles est nuisible, dans la Méditerranée, à tous les facteurs du développement de la moule : dimensions de la coquille, développement de la pulpe, poids d'ensemble.

Nous écrivons « dans la Méditerranée » et rappelons à ce propos les réserves que nous avons faites au sujet de ce qui pourrait se passer dans toute autre mer.

Influence de la salure. — Nous avons procédé pour l'étude de l'influence de la salure sur le développement de la même façon que pour l'étude de l'influence de ce facteur sur la teneur en glycogène ou la teneur en graisses. — Voici d'abord les chiffres obtenus, à quatre dates différentes, pour les longueur, largeur, épaisseur moyennes

d'une part, d'autre part les poids de la coquille, de la pulpe et de l'eau, par rapport au poids total de l'animal, pour des moules prises respectivement sur des piquets du parc de thalassiculture à trois hauteurs différentes (haut, milieu, bas). Nous rappelons que la salure moyenne pour le haut et le bas des piquets est de 27 grammes, et de 28 grammes pour la partie moyenne de ces mêmes piquets.

Les abréviations H., M., B., signifient respectivement haut, milieu et bas. Les chiffres situés à la suite correspondent respectivement aux moules prises à ces différents hauteurs.

DATES		Longueur moyenne	Largeur moyenne	Epaisseur moyenne	Poids de coquille par kil. d'animal	Poids de pulpe par kil. d'animal	Poids d'eau de mer par kil. d'animal
		mm.	mm.	mm.	gr.	gr.	gr.
Février	H	49	22	15	309	179	512
1914	M	48	20	14	310	176	514
	B	51	22	17	376	183	441
Mai	H	72	32	24	305	182	513
1914	M	80	39	29	290	175	535
	B	75	36	25	368	180	452
Juin	H	70	34	24	272	216	512
1914	M	68	33	23	300	213	487
	B	74	39	28	262	218	520
Août	H				288	258	454
1914	M	»	»	»	233	257	510
	B				292	259	448

Il est facile de se rendre compte qu'à l'inverse de ce que nous avons noté pour l'emmagasinement du glycogène et des graisses, le passage d'une salure de 27 grammes à une salure de 28 grammes n'est pas défavorable à l'accroissement en dimensions. Ce sont en effet tantôt les moules du

haut et du bas du piquet, tantôt celles de la partie moyenne qui donnent les chiffres supérieurs pour les dimensions de la coquille. Il n'en va pas de même pour le développement de la pulpe qui est toujours un peu inférieur pour les moules de la partie moyenne. Nous ne pouvons cependant pas conclure à une influence optima des salures de 27 grammes sur le développement, comme nous l'avons fait à propos de l'emmagasinement du glycogène. L'optimum de salure peut être un peu plus bas ou un peu plus haut.

Il n'en reste pas moins vrai que pour une même époque de l'année et pour des moules de même âge, ce sont les moules vivant dans des salures de 27 à 28 grammes qui nous ont donné de façon générale les chiffres supérieurs pour leurs dimensions et leur pulpe. Voici les chiffres obtenus par exemple le 20 juin 1914 sur des moules de même âge de la rade de Toulon (salure au point considéré : 27 gr. 720) et de l'étang de Berre (salure à deux endroits considérés : 17 gr. 057 et 19 gr. 530) :

RADE DE TOULON				
Salure au point considéré	Longueur moyenne	Coquille o/oo	Pulpe o/oo	Eau o/oo
27 gr. 520	66 mm.	290 gr.	235 gr.	475 gr.
ÉTANG DE BERRE				
Salure au point considéré	Longueur moyenne	Coquille o/oo	Pulpe o/oo	Eau o/oo
17 gr. 057	55 mm.	310 gr.	124 gr.	566 gr.
19 gr. 530	63 mm.	285 gr.	208 gr.	507 gr.

Mais ce tableau nous montre autre chose encore. Il nous montre : 1° que pour des salures de 19 gr. 500 (étang de Berre) et de 27 gr. 500 (rade de Toulon), le développement est à peu de chose près aussi intense. Nous avons

d'une part, en effet, 66 millimètres de longueur moyenne et 235 grammes de pulpe pour 1000; d'autre part, 63 millimètres de longueur moyenne et 208 grammes de pulpe pour 1000. Les différences ne sont pas énormes. — 2° que pour des salures de 17 grammes le développement est déjà bien moindre au contraire, puisque nous n'avons plus que 55 millimètres de longueur, et surtout 124 grammes seulement de pulpe pour 1000. Bref, nous nous croyons autorisé à conclure: *a)* qu'au-dessous de 18 grammes de chlorures par litre d'eau de mer le développement de la moule commence à être pénible; *b)* qu'entre 18 grammes de chlorures et 28 grammes au contraire, le développement se fait beaucoup mieux.

Il reste à déterminer l'optimum de salure correspondant au maximum de développement. Quel est-il donc? Des mensurations et des pesées opérées sur des moules du lac de Bizerte (dont les eaux, avons-nous vu, ne diffèrent guère de celles de la rade de Toulon que par le degré de salure), en un point où la salure moyenne est de 32 gr. 500 par litre, vont nous donner des indications précieuses. Voici les chiffres obtenus :

DATES	LONGUEUR moyenne	POIDS moyen	COQUILLE o/oo	PULPE o/oo	EAU de mer o/oo
—	—	—	—	—	—
Janvier 1916.	67 mm.	22 gr. 3	464 gr.	123 gr.	413 gr.
Mars — .	68 mm.	24 gr. 1	463 gr.	156 gr.	381 gr.
Mai — .	69 mm.	27 gr. 5	459 gr.	189 gr.	352 gr.

Ce tableau nous montre que de janvier à mai, soit en quatre mois, la longueur moyenne des moules observées ne s'est accrue que de 2 millimètres, le poids moyen d'une moule de 5 grammes, la pulpe de 66 grammes pour 1000.

Ce sont là des chiffres bien inférieurs à ceux constatés dans la rade de Toulon. Bref, le développement des moules qui se fait dans des conditions favorables, pour des salures de 18 à 28 grammes, comme nous venons de le dire, se fait très mal dès que l'on arrive à 32 grammes. Que conclure, sinon que l'optimum de salure cherché est compris entre 28 et 32 grammes, soit aux environs de 30 grammes ?

En résumé, le développement de la moule est favorisé par des salures de 18 à 30 grammes de chlorures par litre d'eau de mer. Au-dessus et au-dessous de ces teneurs, il s'opère très mal au contraire.

Influence du mode de vie. — Nous l'avons étudié exactement de la même façon que l'influence du mode de vie sur la teneur en glycogène ou en graisses. Voici, groupés en un tableau, les chiffres respectivement obtenus pour des moules du bas d'une corde, et des moules vivant à plat sur le fond de la rade de Toulon, à quelques mètres des premières, — ceci pour cinq époques différentes de l'année. Les moules comparées étaient de même sexe et de même âge ; les conditions de nutrition, d'aération, de salure étaient d'autre part les mêmes, de telle sorte que seule l'influence du mode de vie reste en jeu. Nous renvoyons au chapitre II, où nous avons fait la preuve de tout ceci.

DATES	LONG. MOYENNE d'une moule		POIDS MOYEN d'une moule		COQUILLE o/oo		PULPE o/oo		EAU DE MER o/oo	
	Corde	Fond	Corde	Fond	Corde	Fond	Corde	Fond	Corde	Fond
Janvier .	52	48	»	»	285	297	218	208	497	495
Février .	»	»	24,8	20,4	306	356	237	193	457	451
Avril .	52	51	11,7	10,2	265	272	181	167	554	561
Mai .	60	55	28,0	20,6	290	368	192	182	518	450
Juillet .	60	58	29,2	25,6	264	270	327	321	409	409

L'examen de ce tableau démontre rapidement :

1° Que quelle que soit l'époque de l'année considérée, les dimensions des moules cultivées sont toujours supérieures à celles des moules non cultivées ;

2° Que le développement de la pulpe est toujours plus considérable également chez les premières ;

3° Qu'enfin le poids des moules cultivées est toujours plus considérable.

En résumé, la culture favorise tous les facteurs du développement de la moule. Le fait est connu depuis longtemps. Il est à la base de la mytiliculture, et nos chiffres n'ont que la prétention d'apporter quelques précisions.

A remarquer, comme point de détail, que le développement de la coquille (en poids) est toujours beaucoup plus considérable chez les moules sauvages que chez les moules cultivées. L'épaisseur plus grande de la coquille des premières est un fait qui saute immédiatement aux yeux du moins averti.

Influence de la nutrition. — Il nous était pratiquement impossible de découvrir des endroits de la côte méditerranéenne ne différant entre eux que par leur richesse nutritive plus ou moins grande, les autres conditions biologiques étant toutes rigoureusement semblables, et d'y entreprendre des dosages comparatifs. Comme pour l'étude de l'influence de la nutrition sur la teneur en réserves, nous avons dû nous contenter d'étudier l'influence du jeûne sur des moules installées dans de l'eau de mer filtrée contenue dans des bacs en verre. Voici un exemple des chiffres

obtenus pour le poids de pulpe par rapport à un kilogramme d'animal :

Au début (17 avril)		233 gr. 0/00
5 jours après (22 avril)		163 —
10 — (27 avril)		158 —
30 — (17 mai)		112 —

Il ne peut être question d'étudier les dimensions de la coquille. Elles ne sont susceptibles ni de diminuer, ni d'augmenter sensiblement, pendant le laps de temps où l'on peut conserver vivantes des moules dans des bacs. Comme il était facile de le prévoir : les mauvaises conditions de nutrition influencent défavorablement le développement de la moule.

Influence de l'aération. — Là encore nous n'avons pu étudier que l'influence de l'asphyxie lente sur des moules émergées depuis un temps plus ou moins considérable. Nous résumons nos résultats dans un tableau :

DATES	POIDS DU LOT en expérience	POIDS DE PULPE par rapport à 1 kil. de coquille
Au début (28 avril)	450 gr. 3	456 gr.
3 jours après (1 ^{er} mai).	359 gr. 0	358 gr.
5 — (3 mai).	311 gr. 3	356 gr.
4 mai	Mort de la 1 ^{re} moule. Arrêt de l'expérience.	

Il est aisé de se rendre compte par ces chiffres de l'influence néfaste du facteur en cause. Le poids total de l'animal diminue très vite (par perte d'eau notamment), et la proportion de pulpe par rapport à la coquille (seul élément

invariable) diminue aussi rapidement. Il en est très vraisemblablement de même dans les eaux confinées, et aussi chez les moules qui expédiées à de longues distances (de Hollande à Toulon par exemple), passent en chemin de fer des jours entiers. Malgré des emballages savants, que nous avons reproduits d'ailleurs, elles arrivent à destination avec un poids moindre, une pulpe amoindrie, sans préjudice des qualités d'ordre gastronomique qu'elles peuvent également perdre en route.

Nous nous croyons autorisé à conclure *en résumé* : les mauvaises conditions d'aération influencent défavorablement le développement de la moule.

Influence de la lumière. — La croissance plus rapide des moules exposées au midi, signalée par L. Vidal, est un fait qui ne nous a jamais frappé chez les moules de corde, mais qui peut être exact lorsque l'on compare entre elles des moules vivant sur des rochers exposés au nord ou exposés au midi. Il n'en reste pas moins vrai que les conclusions de L. Vidal, que nous avons reproduites dans notre introduction, correspondent dans leur ensemble à la réalité. Les moules privées de lumière se développent certainement moins vite que les autres. Voici quelques chiffres destinés à préciser. Ils ont été obtenus pour des moules de même âge vivant les unes à l'extrémité supérieure d'une corde à moule (mais ne découvrant pas cependant avec les marées), les autres à la surface inférieure d'un radeau flottant envahi par les algues situé à quelques mètres seulement de la corde. La quantité de lumière arrivant à ces dernières était très diminuée.

DATES	POIDS TOTAL des moules en expérience	LONGUEUR moyenne d'une moule	POIDS DE PULPE par rapport à 1 kil. d'animal
5 janv. (début), radeau.	10.735 gr.	50 mm.	159 gr.
— — corde .	7.475 gr.	43 mm.	152 gr.
5 avril, radeau . . .	Aug. de 128 0/00	54 mm.	267 gr.
— corde . . .	Aug. de 354 0/00	51 mm.	271 gr.
5 juillet, radeau. . .	Aug. de 365 0/00	59 mm.	423 gr.
— corde . . .	Aug. de 396 0/00	60 mm.	429 gr.

Comme on le voit, la longueur moyenne des moules de la corde a augmenté en six mois de 17 millimètres, celles des moules placées à l'obscurité de 9 seulement. Le poids total des moules de la corde en expérience a d'autre part augmenté de 396 pour 1000 pendant le même laps de temps, celui des moules placées à l'obscurité de 365 pour 1000. Enfin, bien que les variations saisonnières soient conservées, le poids de la pulpe augmente moins rapidement chez les moules soustraites à l'influence de la lumière (264 pour 1000, contre 270). Ceci doit correspondre, mais nous n'avons pas eu le temps de le vérifier, à une diminution des teneurs en réserves et des produits sexuels. Quoi qu'il en soit, nous pouvons conclure : la diminution des radiations lumineuses est défavorable au développement de la moule.

L. Vidal a été plus loin, prétendant que les moules ne doivent vraisemblablement pas vivre dans les grandes profondeurs « où elles manqueraient, dit-il, de la somme de lumière indispensable à leur existence ». C'est une conclusion un peu hâtive. Kuipowitsch¹ a signalé en effet l'existence de *Mytilus edulis* dans les grandes profondeurs de la mer Blanche.

¹ *Verhandlungen Russ. Gesell.*, 1905.

*
* *

Jetons maintenant un coup d'œil d'ensemble sur les conditions favorables au développement. Nous pouvons les résumer comme suit :

- 1° Sexe : femelle ;
- 2° Age : quinze mois environ ;
- 3° Saison : de juin à août ;
- 4° Marées : moules soustraites à leur influence ;
- 5° Salure : de 18 à 30 grammes de chlorures par litre ;
- 6° Mode de vie : moules cultivées ;
- 7° Nutrition : la plus abondante possible ;
- 8° Aération : la plus active possible ;
- 9° Lumière : vive.

Si nous comparons avec les conditions favorables à l'engraissement, nous obtenons le tableau ci-dessous, qui résume toute la question de l'engraissement et du développement, et nous montre, qu'à de petites différences de détail près, les conditions favorables sont les mêmes pour ces deux facteurs essentiels de la vie du mollusque :

ENGRAISSEMENT		DÉVELOPPEMENT
Sexe	Femelle	Femelle
Age	Du 15 ^e au 20 ^e mois	Environs du 15 ^e mois
Saison	De mai inclus à sept. inclus	De juin inclus à août inclus
Marées	Absence	Absence
Salure	De 20 à 28 grammes de chlorure par litre	De 18 à 30 grammes de chlorure par litre
Mode de vie	Culture	Culture
Nutrition	La plus abondante possible.	La plus abondante possible
Aération	La plus active	La plus active
Lumière	Vive	Vive

D'où cette conclusion absolument essentielle sur laquelle nous ne saurions trop insister : les conditions biologiques favorables au développement et à l'engraissement de la moule sont à très peu de choses près les mêmes. Toutes les conclusions pratiques que nous avons tirées au chapitre V à propos de l'influence des différents facteurs sur l'engraissement conservent donc toute leur valeur lorsque l'on passe au développement, et il y a un rapport étroit entre les deux choses. C'est là un gros avantage naturel, car un mytiliculteur est sûr d'engraisser et de développer tout à la fois les dimensions de ses mollusques, d'avoir en un mot le poids et la qualité s'il sait se placer dans les conditions favorisantes que nous avons indiquées ci-dessus.

Pour ce qui est des conditions défavorables au développement, elles sont évidemment la contre-partie des précédentes, tout comme d'ailleurs les conditions défavorables à l'engraissement :

Sexe mâle.

Age de moins de dix mois et de plus de vingt.

Récolte d'hiver et de printemps.

Influence des marées.

Salures de moins de 18 et de plus de 30 grammes.

Vie à l'état sauvage.

Mauvaise nourriture.

Mauvaise aération.

Obscurité permanente.



Il est cependant d'autres facteurs, d'ordre pathologique ceux-là, qui influent sur le développement. La moule n'est pas exempte de maladies, et nous sommes amené à les considérer. Nous n'insisterons que sur celles observées chez les moules de la Méditerranée qui sont en rapport très étroit avec le développement, l'arrêtent brutalement ou le diminuent dans des proportions considérables.

Pseudo-rachitisme. — Nous avons signalé dès 1912¹ « une espèce de rachitisme de la moule qui empêche la croissance et déforme complètement la coquille ». Les recherches bibliographiques que nous avons effectuées ne nous ont nulle part montré de description de cette maladie. Nous croyons donc avoir été le premier à la signaler.

Elle affecte un assez grand nombre d'individus, tout au moins dans la rade de Toulon où nous l'avons observée chez *Mytilus galloprovincialis* (1 pour 100 environ des moules). Nous l'avons retrouvée sur les moules du lac de Bizerte, mais dans des proportions moins considérables.

Elle atteint des moules de tout âge. C'est ainsi que nous avons eu entre les mains de petits mollusques malades de 1 centimètre, n'ayant guère plus de trois mois par consé-

¹ H.-F.-A. Marchand, la Mytiliculture en France (*C. R. de l'Assoc. franc. pour l'avanc. des Sc.*, Nîmes, 1912.

quent, et des moules de 7 à 8 centimètres, ayant environ deux ans.

Elle atteint indistinctement aussi les mâles et les femelles.

Mais le fait fondamental par lequel se traduit la maladie est l'arrêt de la croissance. Dans quelques cas, assez rares, il n'est que momentané et la moule parvient à reprendre le cours de son développement au bout d'un temps plus ou moins long; mais il ne persiste pas moins, en un point de la coquille, la déformation caractéristique dont nous parlerons tout à l'heure et qui suffit à la déprécier au point de vue commercial.

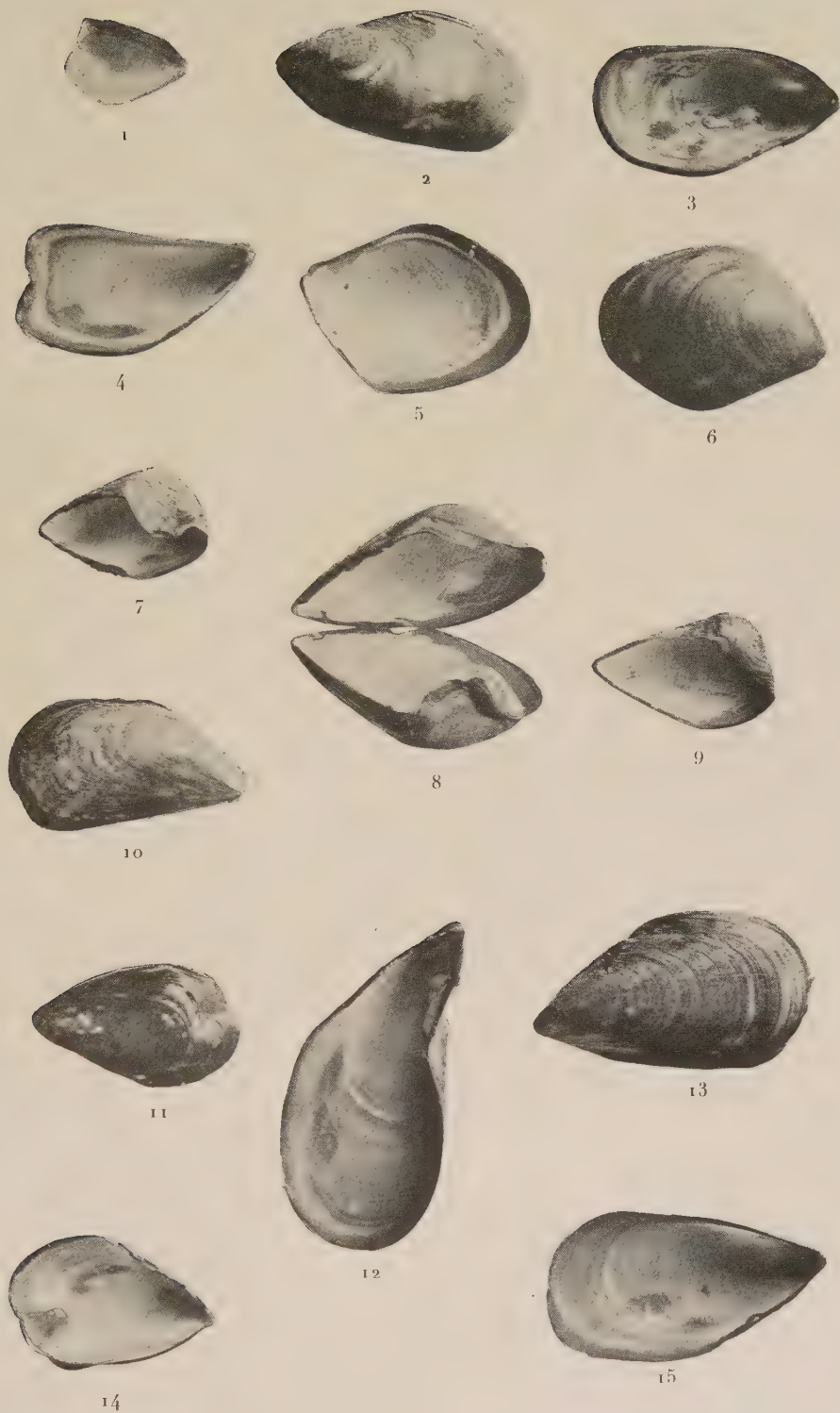
La pulpe ne semble pas être intéressée directement, mais la moule atteinte, et incapable de se développer désormais, est fatalement vouée à une mort plus ou moins rapide.

La moule présente toujours une déformation d'une partie plus ou moins considérable de sa coquille. C'est là, la caractéristique extérieure de la maladie, celle qui saute aux yeux immédiatement. Cette déformation peut se traduire de deux façons : 1° Par des dépressions et des reliefs pathologiques compliqués, défiant toute description, donnant à la partie atteinte un aspect fortement rugueux en même temps que gondolé ou recroquevillé, avec disparition plus ou moins complète des stries d'accroissement. Les parties correspondant aux dépressions sont plus minces, les parties en relief plus épaisses au contraire que la coquille normale; 2° Par un simple gondolage d'une partie de la coquille qui reste lisse et conserve ses stries d'accroissement.

Ce sont, dans le plus grand nombre des cas, l'extrémité inférieure et le bord inférieur des valves qui sont atteints. Une moitié environ des moules déformées présentent à leur

extrémité inférieure une espèce de crevasse anormale, submédiane, de longueur, de largeur et profondeur variables. Cette crevasse est toujours fort irrégulièrement découpée. De chaque côté de la crevasse (jusqu'aux bords antérieur et postérieur de la coquille), le test est représenté par une région tourmentée, bosselée, avec striation absente ou plus ou moins mal conservée. Les deux valves étant en général intéressées, l'extrémité inférieure de la moule prend un *aspect bilabié*, et le tout se complique d'une déformation du bord inférieur qui est ou gondolé et épaissi, ou recroquevillé, comme roulé sur lui-même. — La déformation des régions antérieure ou postérieure de la coquille est plus rare, mais nous l'avons néanmoins constatée. Elle semble se manifester beaucoup plus par des dépressions que par des bosselures, et rarement par une déformation des bords eux-mêmes. Atteinte antérieurement ou postérieurement la moule semble beaucoup moins gravement touchée. Disons enfin, que le sommet de la coquille, la charnière et la région de l'angle postéro-dorsal nous sont toujours apparus indemnes. Les photographies ci-jointes représentent quelques-unes de ces déformations typiques (voir la planche).

Nous avons dit qu'en règle générale la déformation arrêtait la croissance, mais que quelques exceptions se présentaient. Dans les cas où la croissance repart, la chose peut se faire de deux façons différentes. On voit le plus fréquemment les stries d'accroissement reprendre au-dessous de la partie atteinte (et tout autour s'il y a lieu), et il persiste simplement alors une déformation de la valve en un point donné, avec coquille normale partout ailleurs.



Déformations pathologiques de la coquille chez les moules
(Mytilus gallo-provincialis L. — Voir texte p. 180).

Plus rarement les stries repartent à la fois au-dessus et au-dessous de la partie malade, suivant deux plans différents plus ou moins parallèles, et il en résulte des valves curieuses, à deux étages, que l'on pourrait appeler *valves bifurquées* ou *valves bifides*. Toujours accidentée comme nous l'avons dit, la partie atteinte ne reste jamais plane en effet, et entre les deux plans, les deux étages où reprend la croissance, existe toujours un certain espace. Le premier étage est celui qui touche à l'animal; au-dessus vient la bifurcation qui domine la partie de la coquille déformée par la maladie.

Cette bifurcation n'atteint pas une grande longueur; nous ne l'avons jamais vu dépasser 1 cm. 5. Très mince et très friable, elle se détache d'ailleurs et tombe facilement. Il n'en est pas moins extrêmement curieux de voir pareille production se former en dehors de la valve normale. Peut-être faut-il voir là le résultat d'un décollement : les couches les plus extérieures de la coquille restant en place alors que les couches plus voisines de l'épithélium sécréteur s'affaiblissent au contraire et se déformeraient.

Les coquilles de moules sont surtout riches, au point de vue minéral, en carbonate de chaux. Il était intéressant de savoir ce que devenait la teneur en calcaire au cours de la maladie qui nous occupe, la coquille, fort mince en certains endroits, semblant, à première vue, subir une décalcification sérieuse (rachitisme). Nous avons donc effectué des dosages comparatifs sur des moules saines et sur des moules supposées décalcifiées. La teneur en calcaire pouvant augmenter ou diminuer avec l'âge de la moule nous ne nous sommes adressé, pour plus de précautions,

qu'à des mollusques ayant les mêmes dimensions, et par conséquent même âge.

Nos dosages comparatifs ont été effectués par la méthode Hugues Clément¹. Les coquilles bien nettoyées, desséchées à 110 degrés furent pulvérisées finement, puis mélangées à un excès d'acide sulfurique. Soit P le poids de coquille employé, P' celui de l'acide. Lorsque l'effervescence est terminée (on peut chauffer légèrement pour la favoriser) et l'acide carbonique qui s'est dégagé chassé par un courant d'air du récipient dans lequel on a opéré, il suffit de peser de nouveau et de retrancher de (P + P'), le nouveau poids *p* pour avoir la quantité d'acide carbonique dégagé. Le nombre de grammes de calcaire contenu dans le poids de coquille employé est alors donné par la formule :

$$44 \text{ CO}^2 = 100 \text{ CO}^3 \text{ Ca.}$$

Une première série de recherches nous a montré entre les teneurs en chaux des coquilles normales et des coquilles malades une différence de 7,250 pour 100. Une deuxième série nous a donné un chiffre extrêmement voisin : 7,386 pour 100. Mais cette différence est en faveur des moules supposées rachitiques qui, comme on le voit, loin de subir une décalcification sont, au contraire plus chargées en calcaire que les moules normales. Il faut donc admettre que l'amincissement de certaines parties de la coquille de ces mollusques est compensé, et au delà, par l'exagération des autres.

¹ Voir H. Clément, Nouveau procédé pour le dosage des calcaires (*Bulletin de la Société d'Agriculture, Science et Industrie de Lyon*, 1914).

Restait à comparer les teneurs en matières organiques des moules saines et malades. Disons de suite qu'elles sont à peu de chose près les mêmes chez les unes et chez les autres. L'écart est trop voisin de l'erreur possible inhérente aux méthodes de dosage des matières organiques pour qu'il puisse en être tenu compte. Après avoir préparé les coquilles comme pour le dosage des calcaires, nous avons dosé les matières organiques en projetant, par petites quantités, partie égale de poudre de coquille et d'azotate d'ammonium dans une capsule de porcelaine maintenue avec précaution au rouge. On pèse de nouveau après déflagration.

Il semble donc s'agir, somme toute, d'une hypersécrétion calcaire de l'épithélium formateur de la coquille, hypersécrétion qui se ferait irrégulièrement en certains points et pas dans d'autres, qui se ferait en outre de façon plus ou moins intense, suivant les endroits, déterminant ainsi les déformations plus ou moins compliquées que nous avons décrites. La décalcification ne se fait que dans les parties plus minces situées entre les parties hypertrophiées.

En résumé, la maladie que nous signalons est essentiellement caractérisée : 1° par un arrêt presque constant de la croissance, avec pronostic fatal; 2° par une déformation constante de la coquille; 3° par une augmentation de la teneur générale de la coquille en carbonate de chaux.

Il reste à parler de l'étiologie de cette maladie. Sur ce point, nous ne pouvons qu'avouer notre ignorance, mais la chose est intéressante à préciser et appelle des recherches, car seule la connaissance de l'étiologie de cette maladie permettra d'y découvrir un remède.

Il est une allégation contre laquelle nous tenons à nous élever en tout cas. La moule ne se déforme pas (comme le voudraient certains parqueurs à qui nous avons montré notre récolte), parce qu'elle rencontre devant elle un obstacle arrêtant sa croissance (rochers, moules contiguës), dont elle épouserait plus ou moins la forme. Pour s'en convaincre, il suffirait d'observer un peu attentivement les déformations, qui n'ont jamais été la contre-empreinte d'une autre coquille, ni même d'un caillou ou d'une pointe de rocher et il ne faut pas confondre la maladie que nous signalons avec les phénomènes d'isomorphisme étudiés par le professeur Raphaël Dubois¹. Mais il y a plus. Nous avons récolté, en effet, de ces moules déformées sur des fonds sableux où rien certainement ne pouvait les gêner. Rappelons enfin, que nous avons rencontré la déformation sur des moules n'ayant pas plus de trois mois. Or, à cet âge, la moule (qui plus tard devient sédentaire), se déplace facilement au contraire, et, gênée quelque part, n'aurait pas hésité, croyons-nous, à se déplacer pour aller trouver à quelques centimètres, avec des conditions meilleures, la possibilité d'un développement normal.

Maladie du byssus. — C'est une maladie bien connue des parqueurs méditerranéens par ses effets désastreux. Au printemps de certaines années on voit en effet les moules de corde se détacher tout à coup de leur support par larges plaques et tomber à la mer. Les courants, les vagues

¹ Voir R. Dubois, Isomorphisme et isochromatisme symbiotiques chez certains lamellibranches marins (*Bulletin de l'Institut général psychologique*, 1909).

les entraînent au loin : ce sont des moules perdues et la récolte de l'année souvent est compromise lorsque la chose se prolonge. Nous avons vu dans la rade de Toulon des cordes entières se dépouiller au cours du printemps 1914. Les parqueurs de l'anse du Lazaret vinrent au laboratoire de Tamaris, en consultation, nous disant que les « fils » de leurs moules étaient devenus incapables de les supporter. Les uns incriminaient le coaltar des cordes, les autres des larves de pinnothères qui vivent en effet en grande abondance à cette époque de l'année, cachées dans l'enchevêtrement des filaments du byssus.

En réalité, il s'agit bien d'une action nocive s'exerçant au niveau du byssus. Le byssus des moules qui tombent est moins résistant; les filaments se cassent pour un effort moindre. Beaucoup de ces filaments d'autre part, examinés sur des moules ramassées au pied de différentes cordes, nous sont apparus comme cassés plus ou moins irrégulièrement et dépourvus de leur plaque adhésive. Mais il ne faut incriminer ni les pinnothères, ni le coaltar. Si l'on met dans un bac en verre cinq ou six moules à byssus normaux et une centaine de larves de pinnothères, on voit toutes les larves aller se loger très rapidement, sans exception, entre les filaments du byssus. On ne peut contester qu'elles y seraient dans des conditions idéales pour réaliser leurs méfaits. Or, au bout de huit jours, les byssus des moules en expérience ont gardé toute leur solidité si l'on a pris le soin de renouveler l'eau du bac et de maintenir les mollusques dans de bonnes conditions de nutrition et d'aération. Aucun des filaments n'a été sectionné. — Le coaltar est également bien innocent. La meilleure des

preuves en est que la chute des moules s'effectue d'une manière identique sur les cordes coaltarées et les cordes non coaltarées. Et puis pourquoi le coaltar attendrait-il le printemps pour révéler son influence nocive, et serait-il par contre inoffensif pendant les trois autres saisons de l'année, y compris la saison la plus chaude ?

Où faut-il alors rechercher la cause de la moins grande résistance du byssus ? Nous n'avons pas résolu la question, mais il s'agit, à notre avis, d'une altération de la sécrétion des glandes byssogènes qui secréteraient sous une influence indéterminée une pâte moins résistante. Il s'agit peut-être d'une action parasitaire. Quoique nos recherches ne nous aient montré, tant sur le byssus que dans les lames, aucun microbe spécifique, tout un ensemble de faits viennent à l'appui de cette hypothèse : 1° l'apparition de la maladie du byssus à une époque bien déterminée de l'année (le printemps) qui peut correspondre avec la réalisation d'un optimum de conditions biologiques pour un microbe déterminé ; 2° l'absence d'une section nette sur les byssus. Examinée au microscope la surface de section est en effet allongée, irrégulière, donne l'impression d'avoir été obtenue par un effort lent et prolongé. Il semble qu'il y ait eu fonte, liquéfaction du filament plutôt que section brusque par la pince d'un animal supérieur (crabe) ou l'effort violent d'un poisson (anguille). Crabes et anguilles sont d'ailleurs à l'état de rareté dans les parcs de l'anse du Lazaret ; 3° enfin et surtout l'arrêt de la chute des moules par leur exposition prolongée au soleil. Ce procédé a réussi dans la plupart des cas. Or on sait que l'héliothérapie constitue un procédé précieux de défense contre nombre d'infections parasitaires.

Maladie de la cloque. — Elle est constituée par l'accumulation de gaz méphitiques (H^2S en particulier) entre la conchyoline et la nacre, ou encore entre deux couches de nacre. Il en résulte la formation sur la face interne de la coquille d'une tumeur plus ou moins volumineuse qui refoule le manteau devant elle. Assez rare chez les moules de corde, cette affection est très répandue au contraire chez les moules qui vivent à plat sur les fonds boueux ou herbeux. La moule atteinte se développe moins bien et meurt dans les cas graves.

Maladie perlière de la moule. — La production des perles par certaines espèces de la famille des Mytilidés, principalement du genre *Mytilus*, a donné naissance à un nombre important de recherches sur l'origine et sur le mécanisme de formation des perles. Les résultats les plus importants et la solution définitive de ce double problème sont dus aux recherches poursuivies pendant plusieurs années par M. le professeur Raphaël Dubois au laboratoire maritime de biologie de Tamaris-sur-Mer¹.

L'existence des perles de moules est connue depuis longtemps; elles ont même été employées en médecine pour différents usages, en particulier comme astringent : c'est pour ce motif que les Anglais les désignent sous le nom de « Druggist pearls ».

Leur lustre est ordinairement très inférieur et celles qui ont un bel orient, ne tardent généralement pas à le perdre, elles deviennent laiteuses et opaques par un phénomène

¹ *Loc. cit.*

de déshydratation : elles meurent, comme disent les joailliers. Il y en a cependant qui conservent leur brillant. Dans la magnifique collection de perles du laboratoire de biologie marine de Tamaris, due aux patientes recherches du professeur Dubois, et unique en son genre, il y en a une dizaine qui sont restées bien lustrées et sont diversement colorées : il y en a de noires, de lilas mauve plus ou moins foncé, d'un vert bronzé. Il en existe une toute blanche, qui a conservé son orient, lequel peut rivaliser avec celui d'une perle fine. On en trouve, paraît-il, également sur les côtes d'Europe de rouges et de jaunes.

Les moules du cap Horn, en particulier celles du détroit de Magellan, sont remplies de petites perles qui les rendent impropres à l'usage comestible. Le *Mytilus infumatus*, qui les produit, vit sur le granite. Il existe également des moules perlifères à la Terre-de-Feu, en Patagonie.

Dans la mer intérieure du Japon, le *Mytilus crassitesta* produirait des perles de diverses couleurs qui seraient exploitées. On en a trouvé chez *Mytilus smaragdinus* sur les côtes de la présidence de Madras.

En 1894, M. d'Hammonville signala le premier, dans un ouvrage scientifique, la présence de *Mytilus* perliers sur les côtes de France, à Billiers, joli bourg de Bretagne, situé à l'embouchure de la Vilaine. M. d'Hammonville, malgré de patientes recherches, ne put découvrir la cause de la maladie perlière des moules de Billiers, mais à la suite de recherches faites dans cette même localité par M. Raphaël Dubois et dont les résultats furent présentés au Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, à Ajaccio en août 1901, puis à l'Académie des

Sciences au mois d'octobre suivant, il fut démontré que la margaritose des moules de Billiers est due à un parasite, dont M. Dubois a pu, plus tard, déterminer les différentes phases du développement. C'est un Ver, *Gymnophallus margaritarum* Dubois, dont le distôme s'enkyste dans le manteau et devient le noyau de la perle. M. R. Dubois a donné une description détaillée de la façon dont se forme ensuite la perle autour de ce noyau. Ce mécanisme ne diffère pas fondamentalement de celui qu'il a découvert dans la formation de la nacre¹.

En Angleterre, d'après Garner, on rencontre également des perles provoquées par la présence d'un distôme.

M. R. Dubois a constaté que sur certains points du littoral de la Méditerranée, on rencontre également des moules (*Mytilus gallo-provincialis* L.) qui, comme celles de l'Océan (*Mytilus edulis* L.), contiennent parfois des perles en si grande abondance qu'elles deviennent impropres à la consommation. Il a pu provoquer la formation des perles à volonté et en grande abondance, non seulement chez *Mytilus galloprovincialis*, mais encore de véritables perles fines dans l'huître perlière vraie *Margaritifera vulgaris* Schumacher, au laboratoire maritime de Tamaris-sur-Mer. Ces huitres perlières, de la même espèce que celle qui produit les magnifiques perles de Ceylan, ont été présentées *vivantes*, et portant chacune plusieurs perles à l'Académie des Sciences en 1903. Malheureusement, les perles de moules n'ont aucune valeur; quant à celles qui ont été obtenus avec *Margaritifera vulgaris* ou mère-perle,

¹ Voir p. 54, et nous renvoyons à son travail original (*loc. cit.*) pour les renseignements complémentaires.

par M. Dubois, elles avaient toutes les qualités des plus belles perles d'Orient, sauf qu'elles sont restées trop petites pour être, comme on dit, « marchandes ». Il est regrettable, soit dit en passant, que l'auteur de cette belle découverte n'ait pu répéter ses essais faute de moyens d'action dans les localités où les perles fines acquièrent assez rapidement la taille qui leur donne parfois un prix considérable.

En somme, les moules perlières sont des moules malades, impropres à la consommation, même quand elles ne contiennent que peu de perles. Elles sont même dangereuses, car, en raison de la solidité de ces dernières, il suffit d'un coup de mâchoire un peu fort pour provoquer la cassure d'une dent.

Il ne faudrait pas conclure de ce qui précède que la margaritose ou maladie perlière de la moule soit toujours d'origine parasitaire. M. R. Dubois a montré que, dans certaines conditions, les moules et d'autres mollusques lamellibranches, tels que les Anodontes, peuvent présenter des perles absolument dépourvues de noyau, ne contenant même pas de traces de parasite : il a, en outre, pu provoquer artificiellement ce genre de margaritose¹.

Parasites de la moule et organismes animaux et végétaux infestant les parcs de mytiliculture.

— Pour être complet, il nous reste à étudier rapidement les parasites, ennemis et commensaux méditerranéens de la moule. Nous les diviserons en végétaux et animaux.

¹ Voir Raphaël Dubois : la Clasmatose coquillière et perlière ; son rôle dans la formation de la coquille des mollusques et des perles fines (*C. R. de l'Acad. des Sc.*, CLIV, p. 667, 4 mars 1912).

Commensaux végétaux. — Ce sont des algues marines qui se développent sur la coquille même de la moule ou sur la corde qui leur sert de support. Elles atteignent des dimensions telles parfois, que les cordes toutes entières disparaissent sous l'envahissement de leur végétation. Leur influence est évidemment nocive. Elle s'exerce de deux façons principales : 1° par la capture à leur profit d'une partie de l'air dissous dans l'eau (diminution de l'aération); 2° par la diminution considérable de la quantité de lumière qui arrive aux mollusques.

Le plus répandu de ces parasites est l'*Ulva lactuca*, laitue ou chou de mer. Importune toute l'année, cette algue verte, atteint son maximum de développement en août. Dans les endroits propices (anse de Brégaillon par exemple), tout disparaît à ce moment sous la prolifération de son thalle. Le fond de l'anse est tapissé d'une couche verte de 1 à 2 mètres, la surface de l'eau elle-même recouverte de nombreuses algues flottantes qui se sont détachées du fond et viennent pourrir à la surface. Ce sont là des conditions tout à fait défavorables pour la vie et le développement de la moule.

Par ordre d'importance viennent ensuite :

A. ALGUES VERTES :

1° Siphonées.

Codium tomentosum (Huds) Stackhouse.

Codium Bursa (L.) Agardh.

Codium difforme Kg.

Bryopsis plumosa (Huds) Agardh.

2° Confervacées.

Enteromorpha compressa L.

Enteromorpha intestinalis (L.) Link.

Enteromorpha sp.

Cladophora rupestris (L.) Kützinger.

Ulva lactuca L. et var.

Monostroma sp.

Conferva sp.

Stigeoclonium tenue Kg.

B. ALGUES BRUNES :

1° Phéosporées.

Ectocarpus siliculosus Lyngb.

2° Fucacées.

Cystosira discors (L.) Agardh.

Cystosira fibrosa (Huds) Agardh.

Bifurcaria tuberculata (Huds) Stackh.

C. ALGUES ROUGES (FLORIDÉES) :

1° Gigartinées.

Chondrus crispus (L.) Stackh.

Gigartina mamillosa (Good et Woodw.) Agardh.

2° Céramiées.

Ceramium rubrum (Huds.) Agardh.

3° Bangiées.

Porphyra sp.

4° Corallinées.

Lithophyllum sp.

D'une façon générale, la lutte contre tous ces végétaux se fait par l'héliothérapie. Une exposition d'une demi-journée à un soleil intense tue les algues sans exercer sur les moules d'influence nocive. Nous aurons l'occasion de revenir au chapitre suivant sur cette pratique qui commence à être mise en usage par les mytiliculteurs.

Commensaux ennemis et parasites animaux. — Il faut établir une distinction entre les parasites proprement dits qui vivent à l'intérieur de la moule, les commensaux vivant sur sa coquille, et les animaux plus élevés en organisation (ennemis de la moule) qui s'attaquent à elle pour la dévorer et se repaître de sa pulpe.

Parmi les parasites, citons *Nematopsis Schneideri*, signalé par L. Léger, en 1903¹. C'est un sporozoaire parasite des vaisseaux branchiaux, des palpes labiaux, du foie et du rein. Extrêmement répandu chez *Mytilus edulis*, il n'aurait jamais été rencontré chez *Mytilus galloprovincialis* de la Méditerranée. Il ne nous intéresse donc qu'un peu indirectement. Les moules infectées par le *Nematopsis* ne montrent pas d'altérations pathologiques générales caractéristiques, et, au point de vue hygiène alimentaire, ne se sont jamais montrées nuisibles.

Odostomia rissoides et *Monstrilla helgolandica*, signalés tout récemment par Pelseneer², sont encore des parasites de *Mytilus edulis*. Le premier, parasite immédiat, est un gastropode susceptible de se fixer par sa trompe, pour un temps plus ou moins long, sur la paroi intérieure du manteau. Le second, parasite médiat de la moule, est un petit crustacé parasite d'*Odostomia rissoides*.

Les animaux susceptibles de se fixer sur la coquille de *Mytilus* et d'accaparer à leur profit une partie de la nourriture du milieu sont extrêmement nombreux. Nous n'avons

¹ L. Léger, Sporozoaire parasite des moules et autres lamellibranches comestibles (*C. R. Ac. Sc.*, 7 décembre 1913).

² P. Pelseneer, Un parasite immédiat, *Odostomia rissoides*, et un parasite médiat, *Monstrilla helgolandica*, de la moule commune (*C. R. Biologie*, 14 novembre 1913).

pas la prétention d'en dresser une liste complète ; mais nous ne pouvons passer sous silence les plus importants. En première ligne, il faut placer les huîtres qui forment avec la moule des associations souvent fort curieuses¹. L'huître portugaise envahit quelquefois les moulières et se développe avec une telle rapidité, qu'elle force les moules à disparaître et se substitue complètement à elles. C'est un fait bien connu et redouté des mytiliculteurs de l'Océan, mais qui, chose curieuse, n'a jamais été constaté dans la Méditerranée où l'huître portugaise vit et prospère très bien cependant. A signaler encore :

TUNICIERS :

Phallusia sp., parc Coreil, nombreux échantillons.

CRUSTACÉS :

Balanus sp., très nombreux dans les parcs Coreil et du laboratoire.

Palæmon sp , très nombreux dans les parcs Coreil et du laboratoire.

Cancer sp., très nombreux dans les parcs Coreil et du laboratoire.

Portunus sp., très nombreux dans les parcs Coreil et du laboratoire.

Nombreux *Amphipodes*, très nombreux dans les parcs Coreil et du laboratoire.

MOLLUSQUES GASTÉROPODES :

Murex trunculus Lin., parc Coreil.

Trochocochlea turbinata Lam., parc Coreil.

¹ Voir à ce sujet R. Dubois, Isomorphisme et isochromatisme symbiotique chez certains lamellibranches marins (*loc cit.*)

Calliostoma dubia Philippi, parc Coreil.
Calliostoma striata Lin , parc Coreil.
Amycla corniculata Olivi, parcs Coreil et du laboratoire.
Conus aff. Galloprovincialis Locard, parc Coreil.
Columbella procera Locard, parc Coreil.
Trivia sp. (un échantillon très jeune), parc Coreil.
Patella tarantina v. Salis, parc Coreil.

LAMELLIBRANCHES :

Tapes sp., échantillons très jeunes et très nombreux,
parcs Coreil et du laboratoire.
Lucina sp., parc du laboratoire.

ANNELIDES :

Serpula sp., très nombreux dans les parcs du laboratoire
et Coreil.
Nereis sp., très nombreux dans les parcs du laboratoire
et Coreil.

ASTERIES :

Asterina gibbosa, parc Coreil.

Quant aux ennemis proprement dits de la moule, ils ont été étudiés depuis longtemps. Nous ne parlerons que des plus répandus dans la Méditerranée.

Parmi les mammifères, le rat d'eau, *Arvicola amphibius*, fait des ravages dans les bancs situés au bord de la mer. Très agile et très adroit, il sait emporter les moules sur le rivage, puis attend qu'elles s'ouvrent naturellement après avoir perdu leur eau, pour s'empresse de les dévorer. Bien que l'absence de marées rende plus difficile la capture des moules en Méditerranée, nous y avons vu cependant les rats d'eau exercer leurs méfaits.

Parmi les oiseaux, le canard sauvage, et de façon générale les divers oiseaux qui fréquentent le bord des étangs saumâtres seraient, aux dires de L. Vidal¹, d'autres ennemis des moules, mais surtout des jeunes moules dont la coquille est encore peu résistante. Le canard sauvage broie la coquille des moules adultes de son bec puissant. La macreuse, *Oidemia nigra*, serait également un redoutable ennemi.

Parmi les poissons, la dorade à Tamaris, les jarres, les alevins de toutes espèces sont dangereux ; mais les jeunes anguilles (*Muræna anguilla*) sont les plus redoutables et peuvent détruire des bancs entiers. « L'anguille, dit encore L. Vidal, a bientôt fait de pénétrer dans l'intérieur du mollusque au moment où ses valves sont ouvertes ; elle se place en direction et, rapide comme un trait, s'élance dans la moule avant que celle-ci ait pu se refermer. Une fois dedans, elle ronge les impressions palléales de la coquille, qui ne peut plus dès lors rester fermée, puis, une fois en liberté, elle peut à son aise dévorer tout ou partie de l'animal. »

Tous les grands crustacés sont encore des ennemis acharnés de la moule dont ils sont extrêmement friands, et ils ont tôt fait d'en venir à bout, pour peu que le mollusque leur donne le temps d'introduire l'une des extrémités de leurs pinces entre les deux valves. La moule ne peut plus refermer sa coquille et sa défaite n'est plus qu'une question de temps : elle finit toujours par céder à cette pression continue et obstinée. Tous les consommateurs de moules ont

¹ Loc. cit.

entendu parler du crabe enragé, *Carcinus mænas*. Un autre crabe, un tout petit crabe blanc, qui vit celui-là en commun sal de la moule à l'intérieur de la coquille, plutôt qu'en ennemi, est la cause des démangeaisons désagréables bien souvent produites par l'ingestion de moules de l'Océan, au moment de son passage à travers le pharynx et l'œsophage. Les moules parasitées par lui perdent beaucoup de leur valeur et l'on a longuement cherché un moyen pratique de remédier à cet état de choses. Peut-être pourrait-on utiliser la propriété que possèdent les moules de résister à la congélation, et de garder une fois décongelées toute leur saveur. A la température des glaciers actuellement répandues partout, le crabe quitterait peut-être son hôte spontanément. Les moules de la Méditerranée, quoi qu'il en soit, ne sont que très rarement parasitées par des crabes. Nous n'en avons jamais rencontré que deux au cours de toutes nos séries d'expériences, sur plusieurs milliers de moules que nous avons eu l'occasion d'ouvrir. Les pinnothères (*Pinnotheres pisum* en particulier) affectionnent l'abri constitué par l'enchevêtrement des byssus, mais semblent être tout à fait inoffensifs pour le mollusque.

Il existe également des mollusques ennemis de la moule. Les murex (*Murex Tarentinus*) arrivent à percer ses valves. Mais c'est dans l'Océan surtout que sont répandus ces bigorneaux perceurs. Ils sont plus rares dans les eaux de la Méditerranée. Le *Cardium edule*, bucarde ou sourdon, qui est un mollusque glouton et prolifique, peut amener par superposition, comme l'huître portugaise dont nous avons parlé déjà, la destruction de bancs de moules considérables. Le fait est fréquent dans l'étang de Berre, et

l'envahissement impossible à éviter dans une mer sans marée, sur des fonds qui jamais ne découvrent.

Le professeur Raphaël Dubois, dans son travail sur le mécanisme de formation de la pourpre¹, a établi que ce n'est pas en perçant un trou dans la coquille que le Murex peut s'introduire dans son intérieur et dévorer son contenu. En réalité, le Murex sécrète un poison qu'il introduit dans l'intérieur de la coquille ; celui-ci paralyse les muscles des mollusques, les valves s'ouvrent et le murex peut tout à son aise dévorer sa proie : il procède de même en perforant la peau de certains poissons, tels que l'hippocampe, ainsi que l'a constaté le professeur R. Dubois.

D'après M. le professeur Derrien, de Montpellier, ce poison serait un alcaloïde, pour lequel il a proposé le nom de « Raphaëline ».

Ophioderma longicauda, *Asterina gibbosa*, sont des étoiles de mer qui s'attaquent aux moules, mais ces ennemis sont également assez rares dans la Méditerranée. On ne les voit jamais, comme dans l'Océan, détruire des bancs entiers. De façon générale les eaux méditerranéennes sont donc plus pauvres en parasites et en ennemis de la moule.

Il nous reste à dire que différentes espèces d'annélides peuvent se rencontrer à l'intérieur de *Mytilus*, mais le fait est rare relativement.

¹ Recherches sur la pourpre et sur quelques autres pigments animaux (*Arch. Zool. exp. et gén.*, 5^e série, II, 1909).

CHAPITRE VIII

ÉTUDE CRITIQUE DES PROCÉDÉS MYTILICOLES ACTUELS

Munis des données que nous possédons maintenant sur les conditions biologiques favorables au développement et à l'engraissement de la moule, nous sommes armés pour nous placer du point de vue critique et étudier les différents modes de culture de ce mollusque. Nous insisterons naturellement beaucoup plus sur ceux qui sont usités en France, particulièrement dans la Méditerranée, et à propos de chacun d'eux, nous dirons quels semblent être les modifications ou perfectionnements désirables.

La mytiliculture en France. — Les moules sont cultivées sur de nombreux points du littoral français, récoltées simplement sur d'autres.

BANCS NATURELS. — Les bancs naturels que l'on rencontre partout sur les côtes françaises, aussi bien dans l'Océan que dans la Méditerranée, sont exploités d'une façon fort simple. Les pêcheurs, ou plutôt les ramasseurs de moules, se contentent de faire la récolte du mollusque quand ils l'entendent, et de la façon dont ils l'entendent,

pour les gisements de peu d'importance; en se conformant au contraire à certaines règles édictées par la Marine pour les gisements « classés ». La récolte y est interdite à certains moments de l'année. De plus, les moulières naturelles sont mises successivement en interdit complet, de façon à leur permettre de se reconstituer. Enfin, la Marine a donné aux pêcheurs un certain nombre « d'instructions », dont voici les principales :

1^o La pêche des moules est interdite avant le lever et après le coucher du soleil.

2^o Il est défendu d'arracher les moules à poignées et de les cueillir, dans le cas où l'usage du râteau est permis, avec un autre instrument que celui défini dans le paragraphe 22 de l'article 56 du décret du 4 juillet 1853, c'est-à-dire avec un râteau à dents de fer ayant les dents écartées entre elles de 0 m. 034 au moins. Le manche de cet instrument ne devra pas, en outre, avoir plus de 2 m. 50 de longueur.

3^o Il est défendu de jeter sur les moulières des immondices de quelque nature que ce soit, ou du lest des navires.

4^o Il est également interdit d'introduire sur les moulières des bêtes de somme ou des voitures, sous quelque prétexte que ce soit. Les pêcheurs de moules sont tenus de faire porter à bras, hors des moulières, le produit de leur pêche. Défense est faite en outre aux baigneurs, promeneurs et à toute autre personne non appelée sur les bancs pour motif de pêche, de marcher sur les moulières.

5^o Les moules pêchées sur des lieux ou en temps prohibé, ou avec des engins défendus, devront être reportées sur les bancs indiqués par l'Administration de la Marine.

Ce sont là de sages précautions destinées à éviter le gaspillage et le dépeuplement, et d'ailleurs les seules que l'on puisse pratiquement prendre. De par leur définition, en effet, les bancs naturels ont pris naissance en dehors de toute intervention humaine; ils se sont développés là où les conditions biologiques étaient favorables. Tant que ces conditions demeureront, le gisement moulier prospérera, s'il n'est maladroitement épuisé.

La nature peut être aidée évidemment. Profiter des marées, par exemple, pour débarrasser les bancs naturels des commensaux les plus gênants, enlever les moules qui sont en surnombre (une sur cinq ou six par exemple) et entravent le développement des autres, plutôt que de les enlever brutalement par paquets, au râteau ou à la main, chercher à diminuer le nombre des mâles, constituent autant d'excellentes pratiques. Mais alors le banc n'évolue plus naturellement. Il devient de par l'intervention humaine, une exploitation de moules à même le fond de la mer, autrement dit une moulière à plat, et nous sommes amenés à considérer ces dernières.

MOULIÈRES A PLAT. — Nous venons de les définir; ce sont des exploitations faites sur des fonds découvrant ou ne découvrant pas. Rien d'aussi simple que la conduite d'une de ces moulières réparties un peu partout, à l'égal des gisements naturels, le long des côtes françaises. Le mytiliculteur se contente de choisir un emplacement; c'est, le plus souvent, pour plus de sûreté, l'emplacement d'un gisement naturel ancien ou les alentours immédiats de gisements naturels peu développés. Sur cet emplacement, le mytiliculteur commence par semer du naissain, puis, lors-

que le naissain s'est transformé de lui-même en moules adultes de dimensions marchandes, il se contente de les ramasser et de les vendre. Le moment propice revenu, le mytiliculteur sème de nouveau du naissain et le même cycle recommence. A part l'ensemencement primitif on voit donc que la conduite d'une moulière à plat ne diffère pas de celle d'un banc naturel et les mêmes précautions sont de mise dans l'un et l'autre cas. Nous renvoyons donc à ce que nous avons dit au paragraphe précédent. Mais ce qui, pratiquement, fera toujours la grosse différence, c'est l'obligation où se trouve le mytiliculteur de choisir son emplacement ; sous peine de courir un échec, il ne devra s'installer que là où se trouveront réunies toutes les conditions favorables. Or, ces conditions sont de trois ordres : géographiques, économiques, biologiques.

Géographiquement : l'endroit choisi devra tout d'abord être à l'abri des courants et des vents trop violents. Il n'est pas besoin d'insister sur les méfaits des vents et de la tempête dans les exploitations moulières. Agissant sur les moulières à plat, les vagues, lorsqu'elles ne les détachent pas, roulent les moules, les recouvrent de débris divers, arrêtent ainsi leur développement ou font se développer le byssus et la coquille au détriment de la pulpe. Agissant sur les bouchots, elles démolissent cordes et piquets. Les parqueurs de moules de la rade de Toulon (rade cependant bien abritée), estiment qu'un cinquième environ de leur récolte est annuellement emportée par les coups de mer. Les criques, les anses et tous les endroits abrités en général, devront donc être choisis de préférence aux côtes découvertes. C'est la plus élémentaire des précautions.

L'endroit choisi devra être encore en communication facile (routes, voies ferrées, etc.) avec les débouchés commerciaux possibles. Ce serait une sottise que de diminuer les bénéfices par des frais de transports ruineux.

Quant aux conditions biologiques nécessaires, elles découlent en droite ligne des conclusions de nos précédents chapitres. Ce sont : 1° des conditions de salure : autant que possible la salure des eaux ne devra jamais descendre, à l'endroit choisi, au-dessous de 18 grammes de chlorures par litre, ni s'élever au-dessus de 30 grammes. Nous avons insisté longuement sur ce point et nous n'y reviendrons pas ; 2° des conditions de bonne nutrition : or, la nutrition est favorisée par les courants qui charrient les détritrus végétaux et le plankton. La présence de courants traversant une exploitation moulière, comme il s'en trouve à l'estuaire des rivières, est, par exemple, une condition tout à fait favorable. La nature du fond joue également un rôle important, car, si les moules sont capables de se fixer sur tous les fonds, la valeur nutritive de ces derniers est loin d'être équivalente. A ce point de vue les fonds sableux, où rien ne pousse, sont les plus mauvais. Les fonds rocheux et sablo-rocheux, les fonds exclusivement vaseux sont médiocres. Les meilleurs sont, sans contredit, les fonds matieux ou sablo-vaseux sur lesquels poussent les algues, mais il convient d'ajouter que les fonds trop herbeux sont bien souvent franchement mauvais, ceci notamment dans les endroits de peu de profondeur où les eaux ont tendance à s'échauffer l'été ; 3° des conditions de bonne aération réalisées par l'agitation des eaux et la présence de courants ; 4° des conditions d'éclairage : les moules ne doivent jamais

être disposées de telle façon qu'elles restent à l'ombre la durée de la journée entière ; elles ont besoin, en effet, comme nous l'avons vu, d'une certaine quantité d'énergie lumineuse.

On voit combien tout cela est délicat, demande d'observation attentive et de réflexion. Seul, vraiment, comme nous le disions ailleurs, un spécialiste de la question peut être sûr de ne pas commettre de faute et les mytiliculteurs débutants auraient tout intérêt à faire moins bon marché de leurs conseils avant de se lancer au hasard dans des entreprises pleines d'aléas.

Disons enfin, bien que la chose aille de soi, que dans les moulières à plat, comme ailleurs, le mytiliculteur aura intérêt à éliminer, dans la mesure du possible, une partie des moules mâles, à ne ramasser que les moules ayant dépassé leur douzième ou quinzième mois, à savoir suspendre la vente pendant la saison d'amaigrissement des moules, à maintenir ses produits exempts de parasites, à repiquer les moules trop serrées. Ce sont là des conseils d'ordre général sur lesquels nous ne reviendrons pas.

On ne peut conseiller raisonnablement aux mytiliculteurs de l'Océan de se soustraire à l'influence des marées, bien qu'ils puissent y arriver à la rigueur en installant leurs moulières assez en aval pour qu'elles ne découvrent jamais.

La cueillette et la manipulation des moules en deviendraient très difficiles à marée haute ; d'autre part, nous ne saurions affirmer si, nocive dans la Méditerranée, l'influence des marées est également nocive dans l'Océan. Le mytiliculteur de la Méditerranée, en tout cas, devra bien se garder de chercher à créer par un procédé quelconque

des marées artificielles. Nous n'insisterons jamais trop sur ce point.

LES BOUCHOTS DE L'OcéAN. — La culture à plat n'est, en réalité, qu'une demi-culture. La culture proprement dite de la moule se fait, dans l'Océan tout au moins, grâce au système des « bouchots » qui permet de fournir au mollusque des soins plus efficaces et pour ainsi dire de chaque instant. La première tentative de culture de ce genre date de 1246. Elle est le fait d'un Irlandais, Patrice Walton, qui, jeté par la tempête sur les côtes de la baie de l'Aiguillon et sans moyen de retourner dans son pays, reconnut la possibilité de cultiver les moules sur des pieux (ou bouchots) enfoncés dans la mer, et imagina le procédé qui, à l'heure actuelle, continue à être employé sans grande modification dans cette région. Voici comment Locard raconte la chose ¹.

« A l'automne de l'année 1235, une barque montée par trois courageux Irlandais, et chargée de moutons, fut assaillie par la tempête, et vint se briser près de la Rochelle, sur les rochers de la pointe de l'Escale, à 2 kilomètres du port d'Esnande. Les pêcheurs du littoral accoururent au secours des naufragés, mais seul le patron de l'équipage et une partie de la cargaison parvinrent à se sauver. Cet homme avait nom Patrice Walton. Il paya plus tard généreusement sa dette, à ceux à qu'il devait la vie, en dotant leur pays d'une industrie qui n'a jamais cessé d'être florissante.

« Patrice Walton, presque ruiné par les pertes qu'il

¹ A. Locard, *les Huîtres et les Mollusques comestibles*, p. 764 et suiv.

venait d'éprouver, tenta de se fixer sur cette plage pauvre et solitaire de l'Aunis, n'ayant désormais pour tout patri-moine que les quelques moutons échappés au naufrage, vivant de la chasse et de la pêche, fort productive en ce pays.

« Sa chasse eût été réellement fructueuse s'il avait pu parvenir à s'emparer de ces innombrables oiseaux qui voltigent sans cesse sur les eaux marécageuses, au bord de la mer. Il avait bien observé que, la nuit venue, quelques-uns de ces oiseaux, en quête de petits insectes, rasaient tantôt l'eau, tantôt la terre ; il se souvint de ce qu'en son pays d'Irlande, on tendait des filets de nuit, ou filets d'allogret ; ce filet fut bientôt fabriqué. Il se composait d'un long réseau de 300 à 400 mètres, haut de 3, pendu verticalement comme un rideau sur de grands piquets enfoncés dans la vase. Pendant l'obscurité du crépuscule, les oiseaux venaient donner contre ce filet et restaient engagés dans ses mailles...

« Mais bientôt Walton fit une découverte d'une grande portée. Il observa que les jeunes moules, dont les parents abondent dans tous les parages de l'Aiguillon, venaient se fixer à la partie submergée des piquets qui soutenaient son filet de chasse. Il planta alors dans la vase quelques pieux isolés qui se recouvrirent bientôt, comme les autres, de jeunes moules se développant avec plus de rapidité que leurs ancêtres, et dont le goût était certainement plus fin et plus délicat. Cette intelligente observation et la découverte de l'acon (bateau plat permettant de se déplacer sur la vase, dont nous parlerons plus loin) renferme tout l'art de la mytiliculture telle qu'on la pratique aujourd'hui couramment sur les côtes océaniques...

...Patrice Walton implanta dans le sol boueux de la baie, au niveau des basses marées, des pieux de 2 m. 50 à 3 mètres de haut, espacés les uns des autres d'environ 1 mètre, et sur une longueur de 200 à 250 mètres, formant une série de V dont les sommets étaient tournés vers la mer, et dont les branches s'écartaient, de manière à former entre elles un angle d'environ 45 degrés... Bientôt, une abondante récolte vint couronner ses efforts, et comme on remarqua bien vite que les moules ainsi obtenues étaient plus grosses, plus grasses, et de bien meilleur goût que les autres, chacun se mit à l'œuvre pour construire de tous côtés des « bouchots » (de « bout », clôture et « choat », bois, en irlandais)...

Un « bouchot » ne diffère guère à l'heure actuelle de ce qu'imagina Walton. C'est tout simplement une ligne de pieux verticaux enfoncés dans la mer à des distances un peu variables (nous verrons pourquoi tout à l'heure) et dépassant le sol de 1 m. 50, à 2 mètres les uns des autres.

Les pieux employés sont le plus souvent en pin ou en chêne et atteignent 35 à 50 centimètres de diamètre. Les lignes de pieux sont perpendiculaires au rivage et disposées parallèlement les unes aux autres, à une vingtaine de mètres d'écartement [pour ne pas gêner la navigation (?) dit le règlement] et ont une longueur de 100 à 400 mètres. Enfin, les pieux sont disposés seulement sur la partie qui découvre et recouvre pendant les marées, c'est-à-dire dans l'espace compris entre la ligne au-dessous de laquelle la mer ne descend jamais et la ligne où elle acquiert à toute marée une hauteur suffisante pour couvrir les pieux (1 m. 50 au moins). Ceci posé, il est facile de comprendre

que, plus les pieux sont situés vers le large, plus tard ils découvrent quand la mer baisse et plus vite ils sont recouverts quand la mer remonte. Les pieux situés à l'extrémité des lignes, du côté du large, sont ceux qui restent le plus longtemps immergés; ils découvrent seulement aux marées de vives eaux (tous les quinze jours) et on leur a donné le nom de pieux ou de bouchots « d'aval » (ou encore d'en bas). Viennent ensuite, en se rapprochant du rivage, les bouchots « bâtards », puis les bouchots « milouins », et enfin les bouchots « d'amont » qui sont les bouchots situés le plus près du rivage et qui découvrent à toutes les marées (deux fois par jour par conséquent).

Naturellement, le travail du bouchoteur n'est possible qu'à marée basse : de jour ou de nuit. Il se rend à ses bouchots, non pas à pied, ce qui serait impossible, mais au moyen d'un petit bateau (acon ou pousse-avant) dont la forme n'a guère varié depuis Walton, et dont on peut trouver facilement des gravures¹.

Le bouchoteur, agenouillé sur une jambe dans son acon, laisse pendre en dehors l'autre jambe (munie d'une botte solide) et tenant avec les deux mains les bords parallèles de l'acon, plonge rythmiquement sa jambe libre dans le sol vaseux sur lequel il prend ainsi un point d'appui.

« Se penchant alors en avant, et contractant les bras, il progresse sur le fond mou. Puis il retire sa jambe de la vase, la projette de nouveau en avant, et fait ainsi un nouveau pas. Ces manœuvres s'exécutent avec une rapi-

¹ Voir notamment Roché, *la Culture des mers*, fig. 78, p. 280, Paris, Alcan, éditeur, 1898. — A. Locard, *les Huîtres et les Mollusques comestibles*, fig. 74, p. 166.

dité très grande, et les aconiers circulent sur la vasière avec une rapidité dont on se fait difficilement une idée »¹.

C'est grâce à l'acon que le bouchoteur, au moment de l'installation de ses bouchots, a pu enfoncer les pieux qui le constituent : c'est également grâce à cette embarcation qu'il pourra y installer les clayonnages de fascines qui les complètent. En effet, si les pieux (ou bouchots d'amont²) que nous verrons destinés à recueillir la semence de la moule, plus rapprochés que les autres (0 m. 30 d'écartement) sont absolument isolés les uns des autres, il n'en va pas de même des pieux bâtards, milouins, et des pieux d'amont. Ces pieux, dont l'écartement est de 0 m. 80 à 1 mètre, sont, en effet, reliés les uns aux autres au moyen de branchages (de chêne en général) solidement fixés sur les pieux, et dont l'ensemble constitue une espèce de haie solide pouvant résister au mauvais temps. C'est là ce qu'on appelle le « clayonnage ». Un clayonnage établi avec intelligence ne descend pas jusqu'au sol de la moulière. Il faut laisser entre les derniers branchages et lui un espace de 0 m. 50 environ pour éviter les agglomérations de vase qui n'ont que trop de tendance à se produire et à diminuer la hauteur des eaux. Quelques mytiliculteurs cependant entourent les pieux à naissain de branchages pour augmenter leur superficie. Mais il n'y a jamais là de véritable clayonnage.

Disons enfin qu'il existe un deuxième mode de disposi-

¹ Roché, *la Culture des mers*, p. 281.

² On donne malheureusement le nom de « bouchot » au pieu isolé comme à un ensemble de pieux, indistinctement.

tion générale des bouchots, aussi répandu tout au moins que le précédent. Il consiste à disposer : 1° du côté du large (en aval), une série de pieux plus ou moins éloignés, espacés de 0 m. 30 à 0 m. 40 et sans clayonnage ; ceux-ci sont destinés à recevoir le naissain ; 2° plus en amont, une série de pieux disposés en forme de V, munis de clayonnage ceux-là et correspondant aux pieux bâtards, milouins et d'amont de tout à l'heure. Les deux branches du V forment en général un angle de 45 degrés, et l'on dispose les V aussi perpendiculairement que possible à l'effort de la marée et des courants, de façon à lutter contre eux. Comme nous l'avons vu, c'est à Patrice Walton que remonte l'idée de la disposition en V. Walton faisait descendre jusqu'au ras du sol ses clayonnages, et ainsi il pouvait capturer le poisson, qui, avec la marée descendante pénétrait entre les deux branches des V, et, une fois arrivé vers la pointe, se voyait arrêté. C'était pour lui une source de bénéfices supplémentaires.

L'installation des bouchots décrite, voyons maintenant comment on s'en sert.

On sait que les moules, à un moment donné de l'année (qui est, pour la partie de l'Océan Atlantique baignant les côtes de France, la fin de février ou le commencement de mars) émettent des larves en quantité prodigieuse. Ces larves viennent se fixer sur tous les substratums qu'elles rencontrent à leur portée, grâce à un organe filamenteux particulier : le byssus. Elles se fixent notamment très bien sur les pieux des bouchots et deviennent visibles à l'œil nu dans le courant du mois d'avril, où elles atteignent à peu près la grosseur d'une graine de lin. L'ensemble

constitue dès ce moment ce qu'on a appelé « le naissain ¹ ».

Mais le naissain envahit-il la surface tout entière des bouchots? Non. Les larves ne résistent pas, en effet, aux émerisions trop rapprochées, et elles n'arrivent guère à se développer que sur les pieux les plus en aval qui ne découvrent que tous les quinze jours environ. Ces pieux n'étant pas pourvus de clayonnage intentionnellement, il sera facile, quelques mois plus tard, en juillet, lorsque le naissain devenu « renouvelain » aura atteint la taille d'un haricot, de le détacher pour le transplanter, comme nous le verrons, ailleurs. Cette opération se fait, non pas à la main (on irait trop lentement) mais à l'aide d'une espèce de long crochet en fer, dit « pêchoir ». Armés de ce pêchoir, les bouchoteurs ràclent les pieux d'aval et font tomber dans des paniers le renouvelain qui vient par plaques, les différents individus étant tous plus ou moins solidaires les uns des autres, en effet, grâce à l'enchevêtrement des byssus... Mais, souvent, la quantité de naissain recueillie par ce procédé n'est pas suffisante. Les bouchoteurs sont alors obligés de recueillir celui qui se dépose naturellement aux endroits propices de la côte. Il en vient beaucoup des îles de Ré et d'Oléron... Disons enfin qu'il y a souvent deux récoltes de naissain possibles dans le courant d'une même année : l'une (la plus abondante) de juillet à septembre, l'autre de février à fin avril. Les pieux d'aval se recouvrent dans ce cas de deux couches de naissain, ou « pelisses » superposées.

Revenons maintenant au renouvelain, et voyons ce qu'il

¹ Certains auteurs écrivent encore « naissin ».

va devenir. On ne peut pas le laisser indéfiniment sur les pieux d'aval. Les individus qui le composent se gêneraient les uns les autres au fur et à mesure de la croissance, n'atteindraient pas un développement suffisant; beaucoup périraient; leur goût resterait peu agréable; enfin du naissain se fixerait sur eux au bout de quelques mois et les déprécierait au point de vue marchand. C'est pour ces diverses raisons que le renouvelain est transporté des bouchots d'aval sur les bouchots bâtarde, où les bouchoteurs procèdent à ce qu'on appelle la « bâtisse ».

Voici d'ailleurs comment Locard¹ décrit les différentes opérations qui se succèdent à partir de ce moment :

« Les bouchots bâtarde plus rapprochés de la terre que les bouchots d'aval, se découvrent lors des marées de vives eaux ordinaires, et sont tous palissadés avec un clayonnage dont les branches horizontales s'entrecroisent. Là, chaque paquet de renouvelain est enfermé dans un petit sac très grossier et à moitié pourri, fait de débris de voilure, de filets hors d'usage, etc. On ferme le haut à l'aide d'une brindille et l'on attache ces sacs les uns à côté des autres tout le long des branchages. Les moules s'accroissent là-dedans. Bientôt, le sac qui les contient devient trop étroit, et la paroi aux trois quarts pourrie se rompra pour donner un libre essor au développement des coquilles. Alors les moules se fixeront petit à petit, d'elles-mêmes, aux clayonnages. Au bout d'un certain temps, il ne reste plus trace du sac, et le renouvelain s'est transformé en un paquet de moules dont les individus arrivent à se presser les uns contre les autres.

¹ *Loc. cit.*

« Dans ces conditions, leur développement ne pourrait plus s'effectuer convenablement si l'on n'avait pas soin d'éclaircir les rangs et de repiquer les sujets. On repique sur les bouchots milouins, qui, eux, restent à découvert pendant toutes les marées. Les moules sont alors relativement grosses. La cueillette pour le repiquage se fait soit à la main, soit aux ciseaux. Les bouchoteurs déposent les moules en question à la main, une à une, dans les interstices des clayonnages des bouchots milouins. La moule ainsi placée secrète bientôt un nouveau byssus (l'ancien ayant été plus ou moins abîmé au cours de la cueillette) et elle se fixe solidement. Elle séjournera là jusqu'à ce qu'elle ait atteint une taille marchande, taille qui est atteinte au bout de seize à dix-sept mois.

« Mais avant d'être livrée au commerce, la moule doit subir un troisième et dernier déplacement qui l'amène sur les bouchots d'amont. Là, suivant les alternatives de la marée, elle est exposée à l'air plusieurs fois par jour et peut être cueillie facilement.

« Grâce à cette ingénieuse disposition, on voit que la reproduction, l'élevage, la récolte et la vente des moules se font simultanément. Cependant, suivant les saisons, la moule est plus ou moins bonne et se vend plus ou moins facilement. Fin février à mai, sous l'influence de la période d'incubation, les moules sont laiteuses. A ce moment, et surtout immédiatement après la ponte, elles sont maigres, dures, coriaces ; c'est de juillet à janvier qu'elles sont particulièrement appréciées.

« Dans un même élevage, on distingue d'ailleurs des moules de qualités différentes. Celles qui sont continuelle-

ment maintenues dans le haut des clayonnages sont plus fines, plus délicates que celles qui sont au-dessous. Les moules du bas, voisines de la base, sont de moins bonne qualité. Dans tous les cas, toutes les moules élevées, quelles qu'elles soient, sont meilleures que les moules sauvages ».

Aux grandes lignes de ce système de culture, il n'y a rien à reprendre. On pourrait difficilement, à notre avis, en imaginer un autre qui réalise plus économiquement les mêmes conditions de commodité pratique, tout en fournissant d'aussi bons produits. L'idée de Walton est vraiment géniale et si sa méthode a traversé les siècles sans que les mytiliculteurs qui se sont succédés trouvent à y apporter de modifications sérieuses, si elle est couramment employée à l'heure actuelle par des milliers de mytiliculteurs de Bretagne et des Charentes, c'est que vraiment il était difficile de faire mieux. La conduite d'une moulière à plat coûte évidemment moins, demande moins de peine et peut fournir des moules à meilleur marché, mais les consommateurs sont unanimes à trouver les produits de ces moulières bien inférieurs. Il ne faut pas oublier du reste qu'ils sont beaucoup plus exposés à l'invasion des parasites, que ces parasites sont beaucoup plus difficiles à faire disparaître chez des moules que l'on ne peut jamais nettoyer convenablement. Enfin l'envasement rapide de ces moulières est un événement fréquent. La moule qui vit à plat « envase » beaucoup en effet. Comme l'explique une circulaire de la Marine (Lorient, 19 avril 1902) « la moule possède la propriété d'absorber de grandes quantités de vase d'où elle extrait les particules organiques nécessaires à sa nourriture, qu'elle rejette ensuite sous forme de cylindres vermiculaires,

très denses, agglutinés par un mucus spécial. Ces cylindres vaseux tombent autour d'elle, adhèrent bientôt les uns aux autres, et ne tardent pas à constituer un banc vaseux d'autant plus épais que les moules qui le forment séjournent plus longtemps au même endroit. La vase ainsi rejetée par les moules est excessivement gluante, traversée en tous sens par les filaments du byssus que ces mollusques abandonnent chaque fois qu'ils se déplacent; cette vase s'agglomère et ne tarde pas à offrir aux flots un obstacle aussi solide que la roche elle-même » On voit quel est le danger.

Quant aux remèdes proposés jusqu'à ce jour, ils sont au nombre de deux : le labourage périodique du fond des moulières à plat et l'alternance de la culture de la moule avec la culture des palourdes, animaux qui achèveraient paraît-il, de remettre les fonds en état. Mais la conséquence est une longue interruption de l'exploitation moulière. Ce gros inconvénient n'existe pas dans le système des bouchots. La vase tombe au-dessous du clayonnage et n'introduit aucun élément de gêne.

Bref, nous ne tenterons aucune critique contre les procédés actuellement mis en usage par les bouchoteurs de l'Océan. Nous nous contenterons de renvoyer aux conseils généraux que nous avons cru devoir donner à propos des moulières à plat. Nous ajouterons un seul conseil de détail : ne pas trop charger les bouchots en clayonnages, car si les clayonnages très denses servent de substratum à de plus nombreuses moules, ils deviennent en même temps des refuges de choix pour les commensaux, brisent les courants et interceptent une partie des radiations lumineuses dont la moule à besoin.

Il ne faut pas oublier enfin qu'un espace déterminé ne peut nourrir convenablement qu'un certain nombre de moules suivant une « capacité biologique » au point considéré! Les moules se développent et s'engraissent mal dès qu'elles sont en surnombre. D'où nécessité et avantage à rechercher par tâtonnements cette capacité, et à ne pas accumuler les mollusques en un même point au delà d'une quantité raisonnable.

La Méditerranée : le système des cordes.

— Mer sans marées, la Méditerranée ne pourrait pas se prêter à un système de culture de la moule sur des bouchots tels que ceux que nous venons de décrire. Les pieux seraient constamment recouverts et la récolte du mollusque impossible. Il a donc fallu trouver pour la Méditerranée un système de culture dans lequel, la mer étant immobile, les collecteurs soient, eux, mobiles au contraire. Après quelques tâtonnements (les premières tentatives de culture de la moule dans la Méditerranée, pour la France tout au moins, datent des alentours de 1865), on s'en tient actuellement au système dit « des cordes », système qui, d'ailleurs, n'a pas dit son dernier mot, et qui, tous les jours, se perfectionne.

Le principe en est fort simple : le naissain recueilli sur des cordes adéquates convenablement immergées, est retiré de l'eau avec ces cordes, puis repiqué successivement sur plusieurs autres cordes immergées de façon différente, où il achèvera son développement.

Les côtes françaises de la Méditerranée ne présentent guère d'établissements industriels de mytiliculture que

dans la petite rade de Toulon, où il existe une vingtaine de parcs. Ces parcs sont tous bâtis, à quelques variantes près, sur le même modèle. Nous prendrons comme type celui qu'exploite, à Brégaillon, M. Coreil, ancien député du Var, associé à M. Pourcel, directeur du Museum d'Histoire naturelle de Toulon.

Ce parc, dont la longueur est d'environ 150 mètres, pour une largeur de 50 à 55 mètres, se compose schématiquement, comme tous les parcs : 1° d'une enceinte extérieure constituée par des piquets verticalement enfoncés dans le sol, dépassant le niveau de la mer de 50 centimètres environ, et reliés au sommet par des traverses horizontales; 2° par une série de longs quadrilatères parallèles entre eux et parallèles en même temps à l'un des côtés de l'enceinte. Ces quadrilatères sont également constitués par des piquets verticaux reliés au-dessus de la mer par des traverses horizontales. Chez MM. Coreil-Pourcel, ils atteignent une cinquantaine de mètres de longueur environ, sur 3 mètres de large, mais sont coupés en trois tronçons inégaux par des chenaux destinés à livrer passage aux embarcations. Espacés de 15 mètres environ les uns des autres, ils garnissent tout l'intérieur de l'enceinte. A toutes les traverses horizontales (aussi bien celles de l'enceinte que celles des quadrilatères intérieurs) sont attachées les cordes à moules; 3° par deux cabanes en planches établies sur pilotis en deux endroits du parc, et à l'intérieur desquelles se font toutes les manipulations nécessaires.

Naturellement, ce dispositif est susceptible de variations et si les grandes lignes restent partout les mêmes, il varie de fait, peu ou prou, avec chaque parqueur.

C'est ainsi que la nature des piquets verticaux et des traverses qui constituent le squelette, la charpente des parcs est susceptible de variations. MM. Coreil-Pourcel emploient des piquets en teck et des traverses qui sont des demimadriers en bois du Nord. C'est la matière la plus souvent employée; mais quelques parqueurs (M. de Jouette en particulier) emploient de préférence le fer, aussi bien pour les piquets verticaux que pour les traverses horizontales. M. de Jouette est en train de construire un parc sur ce modèle-là, encore inachevé.

D'autres enfin (tels M. Limon et nous-mêmes au parc de thalassiculture de M. R. Dubois), adoptant une solution mixte, se servent de piquets verticaux en fer, supportant des traverses horizontales en bois. Quel est le meilleur de ces trois systèmes? Le système mixte est le plus économique, car si les piquets verticaux ont avantage à être métalliques et sont presque inusables dans ces conditions, les traverses horizontales qui n'entrent pas (ou rarement) en contact avec l'eau de mer, peuvent très bien se faire en bois, qui est beaucoup moins cher que le fer. Les défenseurs des piquets en bois, qui sont, en général, les petits parqueurs n'ayant pas de capitaux suffisants pour acheter du fer, nous ont dit à plusieurs reprises : « Les piquets en fer sont excellents évidemment, mais il ne s'y dépose pas de naissain, tandis que, sur nos piquets en bois, il se dépose tout au contraire abondamment et a payé le prix du piquet en quelques années, avant même qu'il ait eu le temps de pourrir... » Oui, mais il ne faut pas oublier qu'une fois pourri, le piquet doit être remplacé. D'où perte de temps, perte d'argent.

La matière des cordes à moules est également susceptible de variations. Presque toujours les cordes employées sont des cordes de coco de 4 centimètres de diamètre environ, et de longueur variant avec la profondeur du fond, mais ce coco est employé sans coaltar par certains parqueurs (c'est la règle lorsque l'on veut recueillir du naissain), coaltaré par d'autres. D'autre part, le mode d'attache des cordes aux traverses horizontales varie presque avec chaque parqueur. La suspension par un crochet de fer situé à l'extrémité supérieure des cordes, et passant dans un anneau fixé aux traverses horizontales, a été longtemps en honneur; on a dû y renoncer, car, à la moindre tempête, la moitié des cordes ainsi suspendues étaient décrochées par la force des vagues et emportées au large. Le plus simple, le plus économique et le plus sûr est encore d'attacher la corde à moules aux traverses horizontales, soit directement en l'entortillant par le haut, soit par l'intermédiaire d'une corde coaltarée un peu plus fine.

Il est facile de comprendre enfin (mais ce sont là des détails de moindre importance) que le mode de groupement même des piquets peut varier, et varie effectivement dans chaque parc : avec la direction des courants, l'exposition des vents, etc., etc. C'est ainsi qu'une excellente chose, pratiquée d'ailleurs par MM. Coreil et Pourcel, consiste à doubler la ligne d'enceinte du parc et à jeter des traverses horizontales d'une rangée de piquets à l'autre.

Il y a bien d'autres modifications de détail auxquelles nous ne pouvons nous attarder.

Ceci posé, voyons comment on se sert de tout cela, et d'abord comment l'on recueille le naissain.

Le naissain se dépose naturellement, comme nous le savons, sur les substratums divers qu'il trouve à sa portée. En l'occurrence il devra donc se fixer dans les parcs à moules méditerranéens, sur les piquets soutenant la charpente qui supporte les cordes. De fait, les parqueurs méditerranéens recueillent du naissain sur leurs piquets aux deux époques de l'année où il s'en produit (mai et septembre). Mais la quantité qui se dépose là est tout à fait insuffisante, surtout s'il s'agit de piquets en fer. La plus grande partie est recueillie sur des cordes spéciales, dites cordes à naissain, qui diffèrent des cordes à moules adultes en ce qu'au lieu d'être verticales, elles sont disposées horizontalement entre les piquets. On sait, en effet, que le naissain (dans la Méditerranée tout au moins) ne se fixe guère au-dessous d'une certaine profondeur. Les cordes en question n'ont rien de particulier quant à leur nature. Ce sont des cordes de coco, comme les autres, mais leur mode de disposition varie avec les différents parqueurs, et il y a lieu d'insister un peu. Les unes, en effet, sont disposées horizontalement dans toute l'acception du mot, à 30 ou 50 centimètres au-dessous du niveau moyen des eaux. Longues quelquefois d'une centaine de mètres et disposées sur des piquets spécialement destinés à cet usage, elles sont fragmentées ensuite, lorsque le naissain a atteint un développement suffisant, en segments de la longueur voulue, destinés à devenir des cordes verticales ; d'autres fois on leur donne immédiatement la longueur définitive (1 à 3 mètres). Certains parqueurs préfèrent cependant enrouler des cordes en spirales larges et lâches, et les disposer verticalement par un mode de suspension approprié, en veillant à ce

qu'elles ne descendent pas au-dessous de 1 mètre. Ces cordes, déroulées ensuite, fourniront la matière de deux cordes verticales. Enfin, M. de Jouette préconise un système particulier. Il consiste à enrouler de la corde de coco en spirale toujours, mais en une spirale dont tous les tours se touchent, sur des perches flottantes. Réunis en grand nombre, ces flotteurs constituent de véritables radeaux, et quand le naissain est jugé avoir atteint un développement suffisant, il ne reste plus qu'à dérouler les cordes et à les établir verticalement. Ce dernier système n'est pas si pratique qu'il en a l'air, et cela pour plusieurs raisons : la première, c'est qu'une moitié seulement des spires plonge dans l'eau (la partie supérieure du radeau n'étant, comme on le conçoit, pas immergée) ; la deuxième que les coups de mer emportent les trois quarts du temps ces radeaux à naissain ; la troisième que ces espèces de collecteurs coûtent forcément plus cher que de simples cordes et ne sont pas plus pratiques. M. de Jouette est le seul à se servir de ce procédé.

Comme nous l'avons dit, le naissain se dépose à deux époques différentes de l'année : une première fois vers avril ou mai, une deuxième fois en septembre. La première émission est faible d'ailleurs ; la bonne récolte est celle de septembre, bien que depuis quelques années, disent les parqueurs, son importance ait diminué de beaucoup. Il semblerait, toujours d'après leurs dires, que les moules auraient tendance à émettre leur naissain, non plus à deux périodes déterminées, mais au contraire toute l'année, et en quantité relativement faible chaque fois. Il faut d'ailleurs ajouter, sous peine d'être incomplet, que le plus grand

nombre des parqueurs (et les petits surtout) ne récoltent jamais par le système indiqué autant de naissain qu'ils en auraient besoin. Ils sont obligés de s'adresser le plus souvent, pour pouvoir compléter l'approvisionnement nécessaire, à ce qu'on appelle à Toulon, les « ravageurs ». Ce sont des pêcheurs besogneux, souvent repris de justice, qui s'en vont partout, aux endroits où cela est permis un peu, aux endroits où cela est défendu surtout, récolter du naissain en temps utile. Le prix courant de ce naissain est de 10 centimes le kilogramme. C'est un prix assez avantageux, et nombre de parqueurs, s'ils étaient sûrs de pouvoir acheter en temps utile aux ravageurs autant de naissain qu'ils le voudraient, ne prendraient pas la peine de le récolter eux-mêmes. Ils ont calculé, en effet, que les cordes prêtes à recevoir le naissain leur reviennent à 1 fr. 25 le mètre. Or, sur 1 mètre de corde, il vient environ 6 kilogrammes de naissain et la corde pourrit au bout de deux récoltes. Total : 12 kilogrammes de naissain pour 1 fr. 25 de corde. Or, 12 kilogrammes de naissain achetés aux ravageurs reviennent à 1 fr. 20, soit 5 centimes de différence. Une certaine quantité de naissain est également achetée aux Martigues par les mytiliculteurs de Toulon.

Quoi qu'il en soit, voici la récolte du naissain opérée. Supposons-le déposé sur les cordes. Que va faire maintenant le parqueur ? Quelque chose de comparable à ce que nous avons vu faire au mytiliculteur de l'Océan sur la succession de ses bouchots. Au fur et à mesure du développement de la moule, le parqueur dégarnira en partie les cordes surchargées et transportera sur d'autres l'excédent ainsi enlevé. Il répétera cette opération le nombre de fois

nécessaire pour que le mollusque ait atteint une taille marchande, taille obtenue au bout de quinze à dix-huit mois de culture environ. Mais comment dégarnit-on les cordes surchargées? Comment peuple-t-on les cordes vierges? C'est là une opération délicate, l'opération essentielle en somme parmi celles que pratique le parqueur et il est facile de prévoir que les procédés employés sont multiples.

Le plus simple de tous consiste à placer en contiguité une corde vierge et une corde surchargée. D'eux-mêmes, au bout de quelques jours, un certain nombre de mollusques émigrent sur la corde vierge, s'y fixent par leur byssus, et il n'y a plus qu'à séparer les deux cordes. Mais ceci ne réussit guère que lorsqu'il s'agit du naissain, ou de très jeunes moules. Plus vieilles, les moules deviennent sédentaires et ne passent plus spontanément d'une corde à l'autre. Il faut alors avoir recours à une opération plus complexe qui se fait en deux temps : 1° détachement des moules en excès sur les cordes surchargées; 2° repiquage de ces moules sur les cordes vierges. Le détachement des moules se fait à la main fort simplement, mais le repiquage réclame un peu plus de soins, car les moules adultes une fois détachées ne se fixent qu'avec lenteur sur le nouveau substratum qui leur est offert; d'où la nécessité de les maintenir pressées pendant quelques heures contre les cordes vierges. Ceci est réalisé par des procédés différents. L'un d'entre eux consiste à maintenir pressés les mollusques contre la corde, au moyen de vieux filets de pêche ou de filets de coco spéciaux, de débris de voilure ou de mauvaises toiles qui finiront par tomber en pourriture. Un autre procédé est celui des gouttières mobiles, gouttières de bois ou gout-

tières en grillage métallique galvanisé, de la longueur voulue qui, rapprochées deux par deux, constituent un cylindre pressant les moules contre une corde centrale. Il suffit d'introduire le mollusque dans cet appareil, de laisser les choses en état pendant vingt-quatre à quarante-huit heures. Au bout de ce temps-là, on peut impunément enlever les gouttières et s'en servir pour répéter la même opération sur d'autres cordes; le mollusque adhère par son byssus et ne se détache plus. Une trentaine de gouttières suffisent pour un parc à moules de dimension moyenne. Elles sont d'un prix relativement élevé (3 à 5 francs), mais s'usent par contre assez lentement. Somme toute, ce deuxième procédé, plus économique que le précédent, tend à s'implanter de plus en plus partout.

Nous n'avons plus grand'chose à ajouter pour en avoir fini avec l'étude des procédés mytilicoles en usage sur les côtes françaises de la Méditerranée. Il nous reste simplement à signaler que, de temps à autre, les mytiliculteurs prennent la précaution de soulever hors de l'eau, pendant une demi-journée environ, leurs cordes à tour de rôle. Cette opération a un double but : permettre le nettoyage des boues, qui souvent souillent les mollusques ; tuer un grand nombre de commensaux pélagiques gênants qui ne résistent pas à une émergence de quelques heures, notamment de nombreuses algues.

La durée de résistance d'une corde à moules à l'action de l'eau de mer est d'environ trois ans, ce qui revient à dire qu'une corde sert à deux récoltes environ. Les parqueurs se contentent, en général, au moment de la vente, de détacher de leurs cordes la charge intégrale. Ils l'expédient par

paniers ou par sacs. M. de Jouette, qui s'est fait la réputation d'avoir les plus beaux produits, opère avant de livrer ses moules à la consommation de la façon suivante : prenant une corde, il jette soigneusement les moules mortes, enlève les moules restées au-dessous de la taille marchande (qu'il repiquera sur d'autres cordes jusqu'au développement suffisant), puis jette dans des paniers les belles moules. Au bout d'un jour ou deux, elles se sont soudées par leur byssus et prises en un certain nombre de paquets, de pelotes. Insérant alors chacune de ces masses, qu'il fait aussi régulières que possible, entre trois fils de coco noués de distance en distance, il arrive à constituer ainsi une espèce de chapelet dont les grains sont des amas de moules, et qu'il remet à l'eau un certain temps. Au bout de quelques jours, il obtient de fort belles cordes, mais il ne les vend guère plus cher que les autres parqueurs.

En dehors de la rade de Toulon il existe encore des établissements mytilicoles à cordes dans l'étang de Thau et dans l'étang de Berre. Les procédés de culture usités là sont exactement les mêmes que dans la rade de Toulon, avec cette petite différence qu'au lieu d'utiliser de grosses cordes pleines, les mytiliculteurs préfèrent construire, à l'aide de trois cordes fines de coco des chapelets analogues à ceux dont nous venons de parler. Lorsqu'à la suite de la croissance les moules sont devenues trop serrées, on défait les chapelets primitifs pour en refaire d'autres, etc., etc.

Le plus sérieux des reproches que l'on puisse faire au système de culture actuellement pratiqué dans la Méditerranée est celui de son prix de revient. Le moindre parc à cordes coûte plusieurs milliers de francs et reste d'un entre-

tien coûteux. Il exige d'autre part une main-d'œuvre plus considérable que ceux de l'Océan, où la moule découvre seule et n'a pas besoin d'être constamment retirée de l'eau. Bref, le prix de vente de la moule de Toulon est de trois fois supérieur à celui de moules de bouchots des Charentes. C'est une moule de luxe, à consommation et surtout à exportation limitée. Bien pis, elle est concurrencée jusqu'à Toulon même par les moules de Hollande qui, après avoir traversé toute la Belgique et toute la France, arrivent cependant à se vendre moins cher que les moules de la Méditerranée, au bord de la Méditerranée même.

Et cependant, comment faire ? Dans une mer sans marée, il n'y a pas d'autre moyen que d'avoir des collecteurs mobiles suspendus à des cadres suffisamment puissants pour résister aux efforts de la mer. Le principe de la culture actuelle en Méditerranée demeure inattaquable, et seules des modifications de détail nous apparaissent comme possibles.

Il en est une qui nous paraît tout indiquée, et sur laquelle nous ne saurions trop insister, parce qu'elle nous semble permettre de réaliser des économies très sérieuses. C'est la suppression de la corde dont le prix est vraiment ruineux, l'usure trop rapide, et son remplacement par des branchages dont le prix de revient est pratiquement nul.

Nous avons vérifié à maintes reprises que le naissain, en Méditerranée, comme partout ailleurs, se déposait et se fixait parfaitement en effet sur des branches déposées à la surface de l'eau. Il n'est pas du tout nécessaire de tendre des cordes pour le recueillir. Il ne nous apparaît pas non plus comme absolument nécessaire de transplanter le

naissain de ces branches sur des cordes. Il suffit de constituer des fascines avec des branchages ou des branches de grande dimension (2 mètres et plus), puis au bout de cinq à six mois de faire passer ces fascines de la position flottante horizontale à la position verticale en les alourdissant par quelques cailloux solidement fixés au-dessous du centre de gravité. Ce système économique, qui ressemble avec quelques variantes au système des « pergolari », usité, comme nous le verrons bientôt, en Italie, nous a donné dans le parc de thalassiculture du professeur R. Dubois, de très bons résultats. Qu'on ne nous dise pas que les moules seront gênées dans leur développement à l'intérieur des branchages. Il suffit de dédoubler les fascines, de les réduire si l'on veut à cinq ou six branches entrecroisées pour que le mollusque ait de la lumière et de l'espace. Les fascines ne seront jamais surchargées d'autre part en naissain et il n'y aura jamais besoin de repiquage, si l'on prend la précaution de multiplier les fascines flottantes au moment de l'émission des larves. Les frais de gouttières métalliques ou de vieux filets destinés à la fixation des moules (toutes choses qui reviennent très cher) sont par conséquent supprimés, d'où un autre avantage. Qu'on ne nous dise pas enfin qu'il faudra bien néanmoins une corde pour suspendre ces fascines. Il suffit d'un petit morceau, de quelques centimètres, de corde mince. On le fixera à l'extrémité supérieure d'une branche plus longue de la fascine que, intentionnellement, l'on aura laissé dépasser la surface de la mer et arriver jusqu'au voisinage des traverses horizontales. Nous signalons cette idée aux mytiliculteurs toulonnais en résumant ses avantages : suppression des cordes

remplacées par un produit de valeur à peu près nulle; suppression des gouttières métalliques et des filets destinés à fixer les moules sur les cordes; diminution des manipulations et par conséquent de la main-d'œuvre; solidité suffisante. Les moules de pergolari de la Spezzia sont vendues 22 francs les 100 kilogrammes, celles de Toulon 35 francs. On voit quelle est l'économie qui peut être réalisée. Ajoutons que si, malgré toutes les précautions, l'encombrement des fascines se produisait, le mytiliculteur peut avoir quelques cordes en réserve et y transporter les moules en surnombre, qu'il fixera le plus économiquement possible par de vieux filets, ou encore essayer du système des vieux sacs que nous avons décrits à propos de la « bâtisse » des bouchots de l'Océan.

Quant au système des radeaux flottants auquel on peut penser, et qui supprimerait évidemment à la fois les parcs et les cordes, il n'a donné que de mauvais résultats entre les mains des premiers mytiliculteurs méditerranéens. Les radeaux coûtent cher, pourrissent vite, cassent leurs amarres et se recouvrent d'algues. Les moules, vivant à l'obscurité, se développent et s'engraissent mal à leur partie inférieure. Tous les inconvénients sont réunis.

Le système de troncs d'arbres mis à flotter au moment de l'émission des larves, immergés ensuite, se rapproche beaucoup plus du système que nous conseillons, mais il est d'une exécution pratiquement difficile et les arbres coûtent beaucoup plus cher que des branches et du branchage. Le repiquage des individus trop serrés devient d'autre part pratiquement impossible dans l'une et l'autre de ces dernières méthodes.

En 1872 enfin, E. Vidal¹ a proposé de cultiver la moule en Méditerranée sur des surfaces horizontales recouvertes d'une faible épaisseur d'eau où l'on aurait simplement déposé des lits de petits galets ou des fascines de Tamarix. « Le naissain projeté en couche un peu épaisse », dit-il, « se casera bientôt, recouvrira une partie des bois mis à sa portée, et l'on n'aura plus à se préoccuper d'aucun soin à apporter à la culture jusqu'au moment où les moules devront être récoltées. On pourra sans difficulté choisir à la main les moules bonnes pour la vente en parcourant ces moulières, à pied, dans des sentiers réservés, c'est-à-dire exempts de fascines et disposés de manière à permettre l'exploitation à tous les points de vue : nettoyage, ensemencement, récolte... Tel est le moyen le plus sûr et en même temps le plus économique que l'on puisse, selon moi, appliquer sur les rivages dépourvus de marées. J'ai essayé ce mode de culture sur des surfaces recouvertes, lors des plus hautes eaux, de 50 centimètres d'eau au plus et les moules s'y sont développées rapidement. Il y a lieu maintenant de faire une application en grand de ce genre d'exploitation. Je n'ai aucun doute sur le succès probable... Les lieux propres à une culture horizontale de la moule abondent sur notre littoral méditerranéen ; aux environs des embouchures du Rhône, plus de 10.000 hectares pourraient, sans mise de fonds importante, être transformés en moulières. Le naissain, fourni en quantité énorme par l'étang de Berre serait puisé à cette source intarissable située à deux ou trois heures à peine ». C'est en somme le

¹ *Loc. cit.*

retour aux moulières à plat avec leurs inconvénients dont le principal est, comme nous l'avons dit déjà, la qualité inférieure des produits. La méthode de Vidal s'aggrave du peu de résistance à la mer que présenterait un pareil ensemble de fascines, et en fait il n'a pas été suivi. Nous tenons néanmoins à signaler cette idée qui, dans des eaux calmes, et sur des fonds vaseux, peut trouver quelque part peut-être, une application avantageuse.

Nous terminerons en rappelant nos conseils généraux, notamment en ce qui concerne le choix de l'emplacement pour les parcs. Enfin, si l'on s'en tient au système des cordes, ces dernières ne doivent pas être trop rapprochées les unes des autres le long des traverses horizontales. Nous avons vu certaines exploitations où littéralement elles se touchaient toutes. C'est une grosse faute. Lorsque l'on s'apercevra, d'une manière générale, que les moules des cordes situées à la périphérie des parcs se développent plus vite que celles du milieu, c'est qu'il y aura encombrement à l'intérieur et que la capacité biologique au point considéré aura été dépassée. Il y aura urgence à ce moment à desserrer les cordes si l'on tient à obtenir de bons résultats pour l'ensemble de l'exploitation.

La mytiliculture en Italie. — Les côtes italiennes possèdent des bancs naturels importants, mais la culture ne se fait industriellement qu'en deux points : à la Spezzia et à Tarente. Jusqu'à ces dernières années les méthodes de culture étaient, à quelques points de détails près, tout à fait semblables à celles que nous avons décrites pour la rade de Toulon. On en trouvera la description fort

détaillée, sous la signature de M. E. Delamare-Debouteville dans le *Bulletin trimestriel de l'enseignement professionnel et technique des pêches maritimes de 1898*. Elles sont restées sans changement pour Tarente, mais semblent s'être modifiées à la Spezzia, par l'application aux moules des progrès réalisés pour la culture huitrière. Les parcs spessins, dit en substance M. Louis Serve dans la *Revue scientifique* du 20 novembre 1909, sont plantés de pilotis que relie entre eux des câbles horizontaux.

Pour les moules, au moment de l'émission des larves, en novembre ou décembre, on dispose à fleur d'eau dans ces parcs un grand nombre de cordages. Le naissain se fixe sur ces cordages où on le recueille six ou sept mois plus tard pour le fixer par poignées à des « pergolari » qui sont mis à l'eau jusqu'au moment de la vente. Voyons maintenant ce que sont des pergolari. M. Louis Serve en donne la définition à propos des huitres. « Les branchages de *Pistacia Lentiscus* ou de *Quercus ilex* dont sont formés les collecteurs pour le naissain des huitres sont, dit-il, divisés et coupés en fragments de 15 à 30 centimètres de longueur que l'on appelle des « zipoli ». Les zipoli reliés par des cordes que l'on attache aux câbles des pilotis constituent ce qu'on appelle à la Spezzia les pergolari ». Comme nous le faisons remarquer au paragraphe précédent, c'est en somme la suppression des cordes à moules en dehors de la récolte du naissain et leur remplacement par des branchages. Les pergolari peuvent être cependant obtenus d'une façon différente. « Des sortes de câbles, dit encore M. Louis Serve, sont faits avec des herbes tordues, et, dans les torsades, on dispose de place en place les grou-

pes d'huîtres ou de moules. Les pergolari sont ainsi formés et il ne reste plus qu'à les fixer aux câbles qui relient les pilotis dans les parcs ».

Nous ne savons quelle considération a présidé au maintien des cordes pour la récolte du naissain. Les branchages, plus économiques, nous ont paru jouer un tout aussi bon rôle et nous renvoyons à ce que nous avons dit précédemment à ce sujet.

A propos de la fixation des huîtres enfin, M. Louis Serve décrit un procédé nouveau fort intéressant qui consiste à fixer des groupes de quatre huîtres réunies entre elles par leur valve supérieure (qui est la valve non mobile) au moyen d'une petite boulette de ciment. Ces groupes sont disposés par étages tout le long d'un fil de fer vertical qui constitue l'armature centrale. C'est un procédé ingénieux, facilement applicable à des mollusques de dimensions assez grandes, mais il ne semble pas avoir été expérimenté sur les moules de la Spezzia. Economique quand il s'agit des huîtres il serait d'ailleurs, croyons-nous, ruineux pour les moules dont la taille et aussi la valeur commerciale sont de beaucoup moindres.

Méditerranée Orientale et Occidentale. — Les côtes de la péninsule des Balkans et de l'Asie Mineure possèdent quelques mauvais gisements mouliers naturels, mais aucune exploitation moulière. Il en est de même de l'Espagne. Deux tentatives de culture faites avec *Mytilus edulis* sur les côtes de Catalogne, à Llens et à Rosas, ont lamentablement échoué par l'ignorance des parqueurs. *Mytilus edulis* ne s'acclimate pas, en effet, dans les eaux

de la Méditerranée. Le professeur R. Dubois l'a démontré depuis longtemps.

Afrique du Nord. — Les moules sont partout répandues sur les côtes des possessions françaises de l'Afrique du Nord : Tunisie, Algérie, Maroc. Elles appartiennent pour la plupart à l'espèce galloprovincialis. Ramassées seulement en quelques points, elles pourraient donner cependant naissance à des exploitations importantes. Les endroits favorables pour l'établissement de parcs ou de moulières à plat ne manquent pas. Nous nous contentons de renvoyer à ce que nous avons publié déjà à ce sujet pour les côtes de Tunisie ¹ et pour les côtes d'Algérie aux belles cartes de M. le professeur Bounhiol.

Améliorées par la culture, les moules africaines deviendraient certainement la source de bénéfices importants. Elles s'exporteraient, croyons-nous, non seulement en France, mais en Espagne qui est un marché tout ouvert et en Italie où la production nationale est loin d'être suffisante encore.

La mytiliculture en Hollande. — La Hollande est le premier pays du monde pour le commerce de la moule. Elle couvre de ses produits non seulement la totalité de la Belgique, mais une grande partie de l'Allemagne, et va concurrencer les moules britanniques en Angleterre et en Ecosse. En France, elle ne se contente pas d'enlever haut la main le marché de la capitale, comme nous

¹ Voir H.-F.-A. Marchand : l'Avenir de la mytiliculture en Tunisie (*Annales de la Société linnéenne de Lyon*, 1914).

le verrons au chapitre suivant ; elle s'infiltré dans tous les grands centres et va concurrencer les moules méditerranéennes jusque sur les lieux même de leur production. Ce qui fait le succès de la moule hollandaise est son extraordinaire bon marché, et ce qui fait son bon marché est la facilité de sa culture. Il est absolument hors de doute que les côtes de Hollande avec les innombrables estuaires qui les découpent et les courants qui y existent, réalisent non seulement des conditions géographiques, mais des conditions biologiques (très probablement des conditions de nutrition) tout à fait exceptionnelles. Notre thèse étant spécialement consacrée à la Méditerranée et nos ressources ne nous ayant pas permis d'expérimenter ailleurs qu'en France, nous n'avons pas à entrer dans le vif du sujet. Contentons-nous seulement de poser le fait.

Quant aux méthodes de culture, elles sont extrêmement simples en raison même de la facilité du développement de la moule et de la présence des marées. Point de bouchots, ni d'installations compliquées. Le naissain (dont la principale réserve est le Zuyderzée, où il apparaît de mars à juin) est simplement semé à la surface du sol. Il se fixe très bien sur les fonds de tourbe vaseuse (de darch, comme l'on dit dans le pays) qui constituent la majeure partie des côtes hollandaises. Aucun soin particulier à lui donner. Il n'y a plus qu'à attendre qu'il ait atteint une taille suffisante et à le récolter. L'accroissement est peu rapide pour l'espèce cultivée, qui est *Mytilus edulis*. En deux ou trois ans les moules atteignent 60 à 70 millimètres et sont bonnes à récolter. La récolte se fait généralement en bateau lorsque la mer est basse. On l'opère au moyen de

rateaux, à dents espacées, qui permettent de détacher convenablement le mollusque sans l'abîmer. Nous reviendrons sur la qualité des moules hollandaises et les questions économiques qui se posent en France à leur sujet.

La mytiliculture en Angleterre. — Les moules ne sont cultivées à proprement parler en Angleterre que depuis quelques années seulement. On s'est longtemps contenté d'y exploiter les bancs naturels, assez rares d'ailleurs, qui y existaient ; puis, ces bancs naturels s'appauvrissant de plus en plus malgré toutes les lois préservatrices, il a fallu songer à en créer de nouveaux, malgré la proximité et l'exportation facile des moules de Hollande. C'est qu'en effet l'Angleterre et surtout l'Ecosse consomment une quantité prodigieuse de moules. Ce mollusque y est non seulement alimentaire, mais il sert encore comme appât (comme boëte) pour les lignes de fond, et les pêcheurs en usent à ce dernier titre une quantité considérable.

Pour l'établissement de leurs bancs artificiels, qui ne sont autre chose que des moulières à plat, les mytiliculteurs anglais ont choisi de préférence les fonds de sables durs et de graviers vaseux de leurs côtes qui sont peu inclinées sur l'horizontale et par conséquent découvrent fortement à marée basse. « Ce sol, riche en diatomées, en spores d'algues et autres matières animales et végétales de toute espèce, dit Delamare-Deboutville¹, est le plus propre à l'engraissement des moules. On se contente de semer là-dessus le naissain. Au bout d'un certain temps, les moules se développent et arrivent à former une masse

¹ *Loc. cit.*

compacte qui tapisse tout le fond. On ne s'occupe plus de ces mollusques que pour les recueillir et les vendre. Un an environ après l'ensemencement, ou un peu plus, la dimension marchande est atteinte. On attend alors la marée basse et l'on recueille les moules soit, par draguage, soit à l'aide d'un râteau spécial. Le système anglais rappelle en somme, à très peu près, le système partout usité pour la conduite des moulières à plat.

La mytiliculture en Allemagne. — A part quelques bancs naturels où les moules sont simplement récoltées, l'exploitation de la moule n'existe guère en Allemagne que dans la baie de Kiel où le mollusque est d'ailleurs cultivé de façon primitive.

Meyer et Möbius (*Fauna der Kiels Bucht*) ont décrit comme suit le procédé en usage :

« Les pêcheurs prennent les plus minces branches des arbres. Ils les coupent chaque année près du tronc et les appointent à l'extrémité inférieure. Puis à l'aide d'une corde et d'une fourche ils les fixent dans le sol au milieu des herbes marines, à une profondeur de 23 brasses. Ces arbres qui sont destinés à la récolte du naissain s'installent en toute saison, mais on ne les retire qu'en hiver, le plus souvent sur la glace, parce qu'à ce moment les moules sont plus savoureuses et inoffensives (?)

Les pilotis implantés des deux côtés de la baie, le long des rives de Dusternbrasker et d'Elberbeck ressemblent à des jardins sous-marins qu'on aperçoit sous l'eau par temps calme.

¹ *Loc. cit.*

Lorsqu'un vent d'ouest persistant refoule une grande masse d'eau hors de la baie, les cimes les plus élevées de ces arbres apparaissent çà et là au-dessus des flots abaissés, mais il sont le plus ordinairement couverts et invisibles. Les pêcheurs savent reconnaître la place des pilotis en se guidant sur des points de repère terrestres qu'ils observent de loin. Une fois arrivés au-dessus de ces arbres, ils enfoncent une perche dans le fond pour y assujettir leur canot. Puis ils fixent une corde autour d'un crochet qu'ils plongent dans l'eau pour enlacer le tronc de l'arbre chargé de moules et le soulever en l'entortillant. Dès qu'il est extrait du fond il s'élève plus aisément et bientôt il apparaît à la surface. On le soulève alors suffisamment au-dessus de l'eau pour recueillir les moules fixées aux branchages qui en sont ordinairement très chargés. On y voit pendus, en touffes ou en pelotes, de grands individus. »

Locard ¹ a fait la critique de ce procédé dans lequel tout repiquage est inconnu et qui ne peut donner par suite que de mauvais résultats. Nous nous contenterons d'en reproduire les parties essentielles. « Le même arbre qui reçoit le naissain, dit-il, le garde jusqu'à complet développement. Dans ces conditions, les individus, en croissant, se nuisent incontestablement les uns aux autres. La preuve en est que dans les élevages français il faut dix à douze mois pour que la moule ait acquis un développement suffisant pour être marchande. Dans la baie de Kiel, trois années sont reconnues nécessaires pour arriver au même résultat. C'est une différence du simple au triple... ! »

¹ *Loc. cit.*

Europe septentrionale. — Les moules abondent sur les côtes septentrionales de l'Europe. On les pêche communément sur les côtes de la Suède, de la Norvège, du Danemark, les côtes septentrionales de la Baltique. Nous avons vu qu'on en trouvait également dans la mer Blanche, Les moules, ajoute Locard ¹, paraissent se développer plus encore dans le nord de l'Europe que dans le sud, mais, à notre connaissance, aucun des pays précités ne pratique de culture. On recueille le mollusque là où il veut bien naturellement pousser. Ajoutons que la Russie possède aussi des bancs de moules dans la mer Noire et dans la mer Caspienne.

La mytiliculture est totalement inconnue en dehors de l'Europe; quelques bancs naturels sont simplement exploités aux Etats-Unis.

¹ *Loc. cit.*

CHAPITRE IX

LE COMMERCE DE LA MOULE EN FRANCE

La moule est un aliment complet. Elle contient en effet des hydrates de carbone (glycogène, glucose) et des graisses en proportions importantes toute l'année, considérables au printemps et en été. Elle contient aussi des albuminoïdes. Bref, elle possède une grande valeur nutritive. Enfin sa saveur particulière est généralement appréciée. C'est donc un aliment de premier ordre. Nous allons voir qu'elle donne lieu en France à un important commerce, mais ce commerce est loin d'être ce qu'il pourrait, ce qu'il devrait être. Comme le faisait remarquer en 1909 le professeur R. Dubois, au Congrès national des Pêches maritimes des Sables d'Olonne, « la France possède des côtes merveilleuses, notre littoral se prête à tous les genres de cultures marines, et malgré cela nous sommes tributaires de l'étranger dans de colossales proportions pour certains produits thalassicoles ». Nous allons voir que la moule rentre dans cette catégorie de produits, et que la France est littéralement envahie par les

moules de Hollande. Nous en trouverons les causes et essayerons de déduire les remèdes appropriés.

Dans un mémoire présenté au VI^e Congrès national des Pêches maritimes en 1914¹, nous avons longuement étudié quartier par quartier maritime, la qualité des moules produites, les prix d'achats, la valeur commerciale de la production totale (banes naturels et moules cultivées) calculée d'après la production et le prix de vente, enfin les débouchés commerciaux, c'est-à-dire les lieux de consommation du mollusque. Sans vouloir entrer dans une foule de détails locaux qui ne sont pas du cadre de cette thèse, nous croyons cependant nécessaire de présenter, sous forme de tableau, nos principales conclusions.

L'examen de tous ces chiffres que nous devons pour la plupart à l'obligeance de MM. les Administrateurs de l'Inscription maritime donne tout d'abord la valeur approchée du commerce moulier en France. Nous avons un peu exagéré cette valeur en la fixant, en 1914, au voisinage de 7 millions de francs. Elle ne doit pas dépasser de beaucoup, rectification faite, le chiffre plus modeste de 5 millions.

Notre tableau montre encore le peu d'extension de la vente des moules françaises dans leur pays d'origine même. C'est ainsi que sur 17 quartiers très mytilifères de l'Océan (Dunkerque, Gravelines, Calais, Boulogne, Dieppe, Fécamp, Honfleur, Trouville, Caen, La Hougue, Vannes, Le Croisic, Noirmoutier, Saint-Gilles-sur-Vie, les Sables-d'Olonne, la Rochelle et Rochefort), 9 à peine arrivent

¹ Voir H.-F.-A. Marchand, le Commerce de la moule en France (*C. R. du VI^e Congrès national des Pêches maritimes*, Tunis, 1914).

LE COMMERCE DE LA MOULE. (Tableaux résumés.)

NOMS DES QUARTIERS MARITIMES	VALEUR COMMERCIALE DE LA PRODUCTION TOTALE DES MOULES		PRIX D'ACHAT DES 100 KIL. DE MOULES COMESTIBLES		PRIX de VENTE	LIEUX DE CONSOMMATION DES MOULES	
	de bancs naturels	cultivées	de bancs	cultivées		de bancs naturels	cultivées
Dunkerque, Grave- lines							
Calais							
Boulogne	Assez impor- tante.	»	10 francs.	»		La région et Paris.	»
Dieppe et Fécamp.	35 000 francs.	»	10 à 12 fr.	»		La région. Tout le nord de la France. Paris.	»
Honfleur	Assez peu importante.	»	8 à 10 francs.	»		Dieppe surtout.	»
Trouville	80.000 francs.	»	10 à 12 fr.	»		La région. Paris.	»
Caen	100.000 francs	»	10 francs.	»		Lisieux, Pont-l'Evêque.	»
La Hougue	Importante.	»	10 à 12 fr.	»		Rouen, Caen, Vire, Bayeux, Trévières.	»
	—	»	10 à 12 fr.	»		Caen, Bayeux, Cher- bourg, St-Lô, Evreux, Paris, Reims, Nice.	»
Cherbourg, Gran- ville, Caudebec, Saint-Lô, Dinar . .							
Saint-Brieuc . . .	Assez peu importante.	»	?	»		St-Malo, St-Brieuc, Lamballe.	»
Binic, Paimpol, Tréguier, Lan- nion, Morlaix . . .	Peu importante. (Morlaix : 15.000 francs.)	»	5 francs.	»		La région. Moules uti- lisées surtout comme appâts ou engrais.	»
Conquet, Brest, Camaret, Douar- nerez, Audienne Quimper	Insignifiante.	»	Moules sans valeur marchande.	»		Moules presque toutes utilisées comme en- grais ou appâts.	»

LE COMMERCE DE LA MOULE. (Tableaux résumés.)

NOMS DES QUARTIERS MARITIMES	VALEUR COMMERCIALE DE LA PRODUCTION TOTALE DES MOULES		PRIX D'ACHAT DES 100 KIL. DES MOULES COMESTIBLES		PRIX de VENTE	LIEUX DE CONSOMMATION DES MOULES	
	de bancs naturels	cultivées	de bancs	cultivées		de bancs naturels	cultivées
Concarneau . . .	—	1.500 à 2.000 fr.	Moules sans valeur.	20 à 25 fr.		Appâts ou engrais.	La région.
Lorient . . .	—	Peu importante.	Moules sans grande valeur.	?		Lorient, Beaucoup de moules utilisées com- me appâts.	La région.
Vannes . . .	20.000 francs.	?	8 à 10 francs.	10 à 12 fr.		La région.	Localités situées dans le pays allant de Bordeaux à Nantes, et comprenant Tours, Poitiers, Angou- lême, Midi de la France, Lyon.
Le Croisic . . .	40.000 francs.	125 à 150.000 fr. pour les mou- lières à plat. Bouchots ?	8 à 10 francs.	10 à 12 fr.		La région. St-Nazaire et Nantes. Midi de la France.	
Saint-Nazaire et Nantes. . .	Peu importante.	»	Moules sans valeur.	»		St-Nazaire et Nantes.	»
Noirmoutier . . .	Assez impor- tante.	20 à 25.000 fr.	?	10 à 12 fr.		La région. Beaucoup sont utilisées comme appâts ou engrais.	Poitiers, Tours, Angou- lême.
Saint-Gilles-s Vie.	Peu importante.	Assez impor- tante.	?	?		La région.	La région.
Sables-d'Olonne .	—	—	?	?		La région.	La région.
Ile d'Yeu. . .	Presque nulle.	»	?	»		L'île d'Yeu.	»
La Rochelle. . .	Insignifiante.	1.500 000 à 2.000.000 de fr.	?	10 à 12 fr.		La région.	Localités situées dans le pays allant de Bordeaux à Nantes, et comprenant Tours, Poitiers, Angou- lême. Midi de la France. — Espagne, Algérie.
Rochefort . . .	Difficile à apprécier.	1.000.000 à 1.125.000 francs.	?	10 à 12 fr.		La région.	Valeur totale de la produc- tion des bouchots : 3.500.000 à 4.000.000 francs.

Le prix de vente est au minimum double du prix d'achat.

LE COMMERCE DE LA MOULE. (Tableaux résumés.)

NOMS DES QUARTIERS MARITIMES	VALEUR COMMERCIALE DE LA PRODUCTION TOTALE DES MOULES		PRIX D'ACHAT DES 100 KIL. DES MOULES COMESTIBLES		PRIX de VENTE	LIEUX DE CONSOMMATION DES MOULES	
	de bancs naturels	cultivées	de bancs	cultivées		de bancs naturels	cultivées
Ré et Oléron . . .	Presque nulle.	»	moules sans valeur.	»		La région. Un certain nombre employées comme appâts et en- grais.	?
Marennes . . .	Nulle.	?	»	?		»	?
Royan, Paulliac, Arcachon, Ba- yonne, Port- Vendres, Nar- bonne . . .	Pas de commerce moulier appréciable dans ces quartiers.						
Agde . . .	15.000 francs.	»	25 à 30 fr.	—		Agde et la région. Mar- seille.	»
Cette . . .	Peu importante.	»	25 à 30 fr.	25 à 35 fr.		La région et l'Algérie.	La région. Marseille.
Martigues . . .	60.000 francs.	»	16 à 20 fr.	»		Marseille, Arles, Ni- mes, Béziers, Mont- pellier, Toulon, l'Al- gérie.	»
Marseille . . .	75.000 francs.	»	12 à 15 fr.	»		Marseille. La région. La Riviera.	»
La Ciotat . . .	Le commerce moulier est nul dans ce quartier.				Le prix de vente est au minimum double du prix d'achat.		
Toulon . . .	35 à 40.000 fr.	160 à 220.000 fr.	25 à 30 fr.	30 à 45 fr.		Jusqu'à Avignon au nord, Nice à l'est, Marseille à l'ouest.	Marseille, Toulon, la Riviera. Remontent au nord jusqu'à Avignon.
Saint-Tropez, Can- nes, Antibes, Nice, Bastia, Ajaccio . . .	Commerce nul dans tous ces quartiers.						

à étendre au delà de la région immédiatement avoisinante le commerce de leurs produits. Ce sont les quartiers : de Calais qui n'envoie d'ailleurs que quelques rares moules à Paris, en dépit de la croyance générale, car les moules dites de Calais, proviennent en réalité d'ailleurs; de Boulogne, qui exporte dans tout le nord de la France et prend part pour 80.000 kilogrammes environ à la consommation annuelle de la capitale; de Honfleur, qui exporte également à Paris 20.000 kilogrammes environ chaque année. Vient ensuite les quartiers de la Hougue qui, en dehors de Caen et de Cherbourg, alimentent pour une faible proportion Paris, Reims et Nice; de Vannes et du Croisic, dont les moules pénètrent jusqu'à Tours, Poitiers, Angoulême, Lyon et le Midi de la France; de Noirmoutier, qui exporte également dans le Centre. Enfin les moules de bouchots des Charentes (La Rochelle et Rochefort), dont l'extension est peut-être la plus étendue, ont à peu près déserté Paris, mais s'écoulent encore heureusement dans tout le Centre français, sur les bords de la Riviera, à Barcelone et à Alger.

Si nous considérons maintenant la Méditerranée, la situation apparaît comme un peu meilleure. Le quartier de Cette expédie ses moules à Marseille et quelque peu en Algérie. Martigues a pour marchés non seulement Marseille, mais encore Béziers, Montpellier, Nîmes, Arles, Toulon, l'Algérie. Marseille possède à son tour une clientèle sur la Riviera. Enfin, Toulon écoule 350.000 kilogrammes de moules de cordes à Marseille et ses produits qui remontent jusqu'à Avignon au Nord, s'étendent dans la direction de l'Est jusqu'à la frontière italienne.

Il n'en reste pas moins vrai que l'ensemble de tous ces noms ne totalise qu'une moitié de la France. L'autre moitié ; le Nord-Est et l'Est, une partie de l'Ouest et du Sud-Ouest est exclusivement alimentée par les moules hollandaises. Ces mêmes moules viennent en outre concurrencer les moules françaises sur presque tous les marchés où ces dernières apparaissent, jusqu'au bord de la Méditerranée, à Marseille et à Toulon. Prenons par exemple la consommation de deux grandes villes de France. Sur 10.200.000 kilogrammes de moules annuellement consommés par la capitale, 10 millions sont des moules hollandaises. Sur 170.000 kilogrammes consommés par Lyon, 150.000 ont la même provenance.

A quoi tient cette situation absolument désastreuse au point de vue français ? Au bon marché de la moule hollandaise, bon marché qui est une conséquence de la facilité de sa culture sur des côtes tout à fait propices. Arrivées à Paris en effet, après avoir traversé deux frontières différentes, et parcouru un trajet égal à celui qui sépare La Rochelle de la capitale, les moules hollandaises ne coûtent aux revendeurs que 10 francs les 100 kilogrammes. Nos moules de bouchot de l'Océan, au contraire, les seules suffisamment savoureuses pour faire concurrence aux produits hollandais, doivent se vendre 12 francs net les 100 kilogrammes au départ de la Rochelle pour que nos mytiliculteurs couvrent leurs frais. Voilà l'origine de tout le mal.

Mais il est encore une circonstance aggravante que l'on peut résumer d'un mot : l'augmentation du prix de la moule française dans la proportion du simple au double par

l'argent qui demeure aux mains des intermédiaires. Au premier rang de ces intermédiaires trop intéressés, il faut placer les compagnies de chemins de fer dont les prix de transport peuvent et doivent être abaissés par une entente. Mais les petits intermédiaires (courtiers, revendeurs, etc.) font eux aussi de très gros bénéfices. Il est entendu que ces derniers ont à couvrir des frais : pertes résultant de l'avarie possible des coquillages, patente, etc. Il n'en est pas moins vrai que le bénéfice retiré par eux paraît exagéré, surtout si on le compare à celui du mytiliculteur qui, lourdement imposé (il paie 7 francs de redevance à l'Etat par 100 mètres de bouchot), à la merci d'une tempête, n'a que des bénéfices vraiment restreints.

Les moules hollandaises franchissent nos frontières du Nord sans payer de droit de douane. Les nôtres, à leur entrée en Espagne par exemple, payent au contraire des droits très élevés. Nos bouchoteurs de l'Ouest ont, depuis longtemps, exprimé l'idée qu'une taxe de 5 francs les 100 kilogrammes, frappant les moules étrangères à leur entrée en France, améliorerait leur situation et permettrait également à l'argent français de ne pas émigrer au dehors. Ce serait une première mesure parmi les mesures possibles.

Un autre remède consisterait à abaisser les taxes qui grèvent lourdement nos mytiliculteurs. L'argent perdu de cette façon par l'Etat serait largement rattrapé par l'impôt frappant les moules hollandaises. Au VI^e Congrès national des Pêches maritimes de Tunis nous avons exposé l'avantage d'une pareille solution. Nous avons eu le plaisir de voir M. André Hesse, député de la Charente-Inférieure, faire siennes nos conclusions, et l'honneur d'entendre

M. Alapetite, ministre résident de France en Tunisie, insister au banquet de clôture du Congrès sur l'importance de la question moulière et de *nos* conclusions.

Une mesure meilleure encore, d'ordre plus général, la seule qui, à notre avis, changerait radicalement la face des choses, serait la formation d'un vaste Syndicat moulier de producteurs, après entente entre les mytiliculteurs de l'Océan. Un tel syndicat traiterait avec l'acheteur sans passer par les intermédiaires, ferait des prix uniformes, pourrait discuter avec les Compagnies de transport, exposerait enfin ses doléances et ses desiderata au Gouvernement par la bouche d'un représentant autorisé. Et mieux, l'idéal serait peut-être, au point de vue de l'intérêt général, la centralisation complète des efforts. Elle serait réalisée par la disparition du morcellement des bouchots entre mille propriétaires au profit d'une Compagnie unique, voire même l'Etat français.

Voici ce que relate M. Louis Serve¹ au sujet d'une organisation de mytiliculteurs qui fonctionne à la Spezzia depuis 1902 :

Le Dr Moressa a réussi à grouper en une sorte de cartel, qui porte le nom de « *Consorzio dei ostreiculturi della Spezzia* », les différents particuliers et les diverses sociétés qui s'occupaient, dans cette région, de la production et de la vente des huîtres et des moules. L'Etat concède, pour l'exploitation de ces coquillages, des zones que le syndicat s'est partagées.

Il existe vingt-huit parcs occupant une surface de

¹ *Loc. cit.*

10.405 mètres carrés : leur administration et la manipulation des produits exigent 246 mètres carrés de bureaux et de magasins. Chacun des membres du cartel est le maître dans la zone qui lui est attribuée : il doit seulement fournir au *Consorzio* une certaine quantité de coquillages qui a été déterminée au prorata de l'importance de chaque concession. Seulement, pour diminuer le plus possible les frais généraux, c'est le syndicat qui centralise toutes les ventes, se charge de toutes les expéditions. Cette entente entre les divers producteurs leur permet d'étudier les meilleures conditions d'obtention et d'élevage des mollusques, sans que la rivalité engendrée par la concurrence vienne conseiller à chacun de conserver jalousement le secret des améliorations obtenues ». Une Société pour la culture des moules a fonctionné à Tarente également jusqu'en 1914. Elle avait pris à bail la location de tous les terrains disponibles (soit 2.500.000 mètres carrés) pour une redevance annuelle au Gouvernement italien de 60.000 livres. Cette Société vendait toute sa récolte sur place, puis c'était aux courtiers à se débrouiller en matière d'expéditions. Elle a fait de si bonnes affaires, qu'à l'expiration du bail souscrit par la Société, la commune de Tarente a racheté tous les terrains occupés par elle, s'assujettissant à payer au Gouvernement italien une considérable majoration de prix. On voit par ces deux exemples ce qui pourrait être tenté en France. Nous ne saurions trop répéter que notre plus intime conviction est que dans cette voie, et dans cette voie seulement, les petits mytiliculteurs français trouveront la solution de toutes les difficultés présentes.

M. Poher, un ingénieur de la Compagnie des chemins

de fer d'Orléans, qui a fait en 1914 un voyage d'études aux moulières de Hollande, devait exposer au cours d'une deuxième session du Congrès national des Pêches maritimes de cette même année les résultats de son enquête. Bien que la conflagration européenne ait empêché cet exposé et que nous ne connaissions pas le détail de ses conclusions, nous savons qu'il devait proposer comme remède à l'invasion hollandaise l'intensification de la culture à plat de nos moules de l'Océan. C'est une idée excellente dans son principe, car certainement la culture à plat est la plus facile et la moins coûteuse de toutes, mais il ne faut pas oublier que les moules poussant à plat sont loin de valoir les moules de bouchots ou les moules de Hollande. A prix égal, le consommateur préférera toujours malheureusement ces dernières.

CHAPITRE X

QUESTION DE LA TOXICITÉ DES MOULES

Accidents produits par l'ingestion des moules. — La presse scientifique, la presse médicale et la grande presse ont fait grand tapage dans ces temps derniers à propos de quelques accidents consécutifs à l'ingestion d'huitres : on a même accusé, sans preuves suffisantes, ces mollusques de propager la fièvre typhoïde. Ces accidents sont extrêmement rares, si on réfléchit au nombre relativement énorme de personnes qui consomment des huitres, et il n'est pas inutile d'ajouter que le fait de manger des huitres ne peut pas mettre à l'abri de la fièvre typhoïde ceux qui doivent l'avoir pour des raisons quelconques. Les bactériologistes ont produit, sans les moindres scrupules, une véritable panique, qui a failli causer la ruine de l'ostréiculture française et lui a fait perdre inconsidérément plusieurs millions. A ce propos, notre maître, M. R. Dubois a fait remarquer que s'il y a beaucoup de gens qui meurent des microbes, il y en a beaucoup aussi qui en vivent ! Le professeur Giard, chargé par le Gouvernement de mettre les choses au point, a démontré que les alarmistes avaient

singulièrement exagéré les choses et en avaient enflé considérablement l'importance, pour s'en donner sans doute¹.

En raison du bruit fait au sujet des huîtres et des succès de presse obtenus par quelques-uns de ses détracteurs, d'autres alarmistes, en quête d'une popularité hâtive, songèrent à attaquer la moule. L'un d'eux, le Dr J.-B. Dubois (qu'il ne faut pas confondre avec le professeur R. Dubois), n'a pas craint d'écrire, en 1907, dans le *Journal de la Santé* : « Non seulement la moule est un *sale* mollusque, mais c'est un mollusque qui peut être parfaitement vénéneux en été ». Outre qu'il y a beaucoup d'autres aliments qui peuvent devenir vénéneux en été, on ne s'explique pas bien pourquoi la moule serait « un sale mollusque ». Lorsque la moule est sale, c'est que l'homme l'a salie.

Il n'est pas douteux que les moules puissent donner lieu à des accidents toxiques plus ou moins graves, et même parfois mortels. Les statistiques nous apprennent que dans le courant d'un siècle on en a signalé 91 cas, dont 25 seulement mortels. Sur 89 observations réunies en 1907 par MM. Netter et Ribadeau-Dumas sur l'ensemble de 123 ans, auxquelles il faut ajouter encore deux observations de M. Ed. Banet², 25 fois seulement la mort a pu survenir : soit une proportion de 1 pour 4 environ. Presque tous les cas mortels ont été signalés pour des moules étrangères : 13 en Angleterre, 5 en Allemagne, 2 en Norvège, 1 en Amérique. Au total 21 décès contre 4 seulement en

¹ Cela n'a pas empêché l'Académie des Sciences de décerner un prix de 50.000 francs à l'un d'eux, pour des recherches sur la fièvre typhoïde.

² Deux cas mortels d'intoxication par les moules (*C. R. de la Société de Biologie*, 16 mai 1911).

France. Quatre cas en 123 ans pour des millions de kilogrammes de moules consommées, voilà de quoi confondre MM. les *microbio-alarmistes* professionnels. C'est, en vérité, bien peu de chose en raison du nombre énorme des consommateurs de moules et en comparaison des victimes de l'automobilisme, par exemple. Mais il n'en est pas moins vrai qu'il y a lieu de s'en préoccuper, non seulement au point de vue des mesures préventives d'hygiène qu'il convient de prendre, mais encore celui du traitement à instituer quand les accidents se sont produits.

Nous ne pouvons ici que résumer brièvement l'état de la question, d'après les nombreux documents que nous avons compulsés, et dont la seule analyse exigerait un volume.

Bien diverses sont les hypothèses que l'on a proposées. Nous passerons rapidement en revue les principales, en indiquant les raisons qui en ont fait abandonner la plus grande partie.

Une des explications les plus anciennes et les plus répandues, c'est que les accidents sont produits par des moules recueillies sur les coques de cuivre des navires. Or depuis longtemps on ne se sert plus guère du cuivre pour garnir les coques, qui sont généralement en tôle. Cette opinion avait été accréditée surtout parce qu'on avait trouvé du cuivre dans des moules. Mais nous savons depuis les recherches de notre maître, M. le professeur Dubois, que beaucoup d'animaux et particulièrement les animaux marins contiennent normalement du cuivre¹.

¹ Sur le cuivre normal dans la série animale (*Ann. de la Soc. Linnéenne de Lyon*, et *C. R. de la Société de Biologie*, 1899-1900).

D'autre part, à l'occasion d'une cause célèbre, le Dr Galippe n'a-t-il pas démontré que si l'ingestion de sels de cuivre pouvait produire certains accidents : vomissements, coliques, etc., en aucun cas on n'avait pu lui attribuer la mort accidentelle ou criminelle d'une personne ou d'un animal domestique.

De plus, les sels de cuivre sont toxiques pour la moule, qui périt quand on la met dans de l'eau de mer renfermant des sels de cuivre bien avant d'avoir fixé assez de ce métal pour devenir toxique. Enfin, la saveur métallique, si caractéristique et si désagréable (goût de vieux sou) des composés cupriques, peut toujours faire découvrir leur présence et rejeter les aliments qui en contiendraient en quantité suffisante pour indisposer.

Il faut donc renoncer à l'idée de l'intoxication cuprique par les moules.

On a incriminé le frai d'*Étoilés de mer*, mais des accidents ont été observés en dehors de l'époque où il est émis par les *astéries*.

Les *actinies* ou *orties de mer* que l'on rencontre aussi parfois à la surface des moules ont été soupçonnées.

Ch. Richet aurait extrait de ces coelentérés urticants deux poisons la « thalassine » et la « congestine », sur la nature chimique desquels les chimistes ne sont pas d'accord. Mais, en ce qui concerne les accidents produits par l'ingestion des moules cuites, il n'y a pas lieu d'incriminer les actinies car elles sont couramment mangées frites sur les côtes de Provence et constituent même un mets assez apprécié. Pour cette raison, on doit douter que les corps urticants de Richet soient des alcaloïdes.

On a prétendu aussi que la présence d'un petit crabe, parfois abondant dans les moules de certaines localités du littoral de l'Océan, le *Pinnotheres pisum*, les rendait dangereuses ou simplement indigestes. Nous ne croyons pas que l'on ait fait des expériences à ce sujet, mais outre que ce parasite est très commun, alors que les accidents sont très rares, on ne le rencontre que très rarement dans les moules de la Méditerranée, qui, cependant, comme les autres, ont donné lieu à des accidents.

Le professeur Charles Richet serait parvenu à extraire des moules deux poisons qui s'y rencontreraient normalement : la « mytilotoxine » et la « mytilocongestine », auxquels il faudrait attribuer la fièvre ortiée à laquelle certaines personnes sont sujettes après l'ingestion des moules. Il importe de ne pas confondre la mytilotoxine normale, de Richet, dont la nature alcaloïdique a d'ailleurs été contestée, avec la toxine d'origine pathologique de Brieger et Schmidtman dont il sera question plus loin. Un kilogramme de pulpe de moule, d'après Richet, contiendrait 2 décigrammes de mytilotoxine, se présentant sous forme d'une poudre blanche qui brunit un peu à l'air ; elle ne serait pas détruite par la cuisson.

D'après Boinet et Ohmer¹, c'est à la mytilotoxine qu'il faudrait attribuer la fièvre ortiée et autres accidents légers survenant chez une même personne toutes les fois qu'elle mange des moules même saines : il s'agirait alors de phénomènes anaphylactiques survenant par suite d'une première anaphylaxie. Mais cela n'explique pas pourquoi cette

¹ Voir Accidents produits par les coquillages marins (*Gazette des Hôpitaux*, 1910, p. 1895).

première anaphylaxie s'est produite. Ces mêmes accidents surviennent fréquemment à la suite de l'ingestion du poisson de mer, des fraises, des écrevisses, etc., particulièrement chez des rhumatisants. L'explication anaphylactique de Boinet et Ohmer ne nous paraît pas satisfaisante. C'est comme si l'on prétendait que les personnes qui n'ont jamais eu ces accidents en mangeant des moules sont mithridatées, même avant la première ingestion. Tout cela est du domaine imaginaire.

Cette hypothèse de la mytilotoxine normale nous conduit à examiner si les accidents produits par les moules ne constituent pas des états morbides différant les uns des autres par leur étiologie, leur symptomatologie et comportant des pronostics et des traitements également différents.

Exceptionnellement, chez des personnes présentant comme on disait autrefois une « idiosyncrasie » pour la moule, comme d'autres en ont une pour le poisson ou les fraises, les écrevisses, on voit se développer de l'urticaire caractérisé par des démangeaisons ou de la rougeur cutanée plus ou moins étendue. Cette éruption peut ou non, s'accompagner d'un état fébrile, auquel viennent s'ajouter parfois des troubles gastro-intestinaux, comme ceux qui constituent « l'indigestion » ; nausées, vomissements, diarrhée. On a même signalé des sueurs froides, des crampes, une sensation de froid, des troubles de la déglutition, des défaillances. Ces accidents évoluent et se dissipent avec facilité, surtout après l'ingestion de bicarbonate de soude et d'éther.

Les malades disent ordinairement : « je ne puis pas

digérer les moules, ou les écrevisses, ou les fraises, etc., » et considèrent comme un résultat de l'indigestion ce qui leur est arrivé. Il est vrai de dire que cela n'explique rien, mais est de nature à rassurer les personnes présentes et le médecin lui-même sur l'issue de la crise, qui dans ces cas, n'est jamais fatale, ni même grave. La cuisson n'empêche pas ces accidents.

Poursuivant l'hypothèse de l'anaphylaxie, Flandrin et Tzank¹ ont avancé que dans le cas où une personne est anaphylactique par rapport aux moules, l'injection dans le péritoine d'un cobaye de 2 à 5 centimètres cubes de son sérum rend le cobaye à son tour anaphylactique. On peut donc, disent ces auteurs, diagnostiquer d'avance au moyen du cobaye si un sujet est anaphylactique aux moules, et doit par conséquent se garder d'en faire usage. Voilà qui est fort ingénieusement imaginé, mais en vérité fort peu pratique : les prétendus anaphylactisables sont fixés après un ou deux essais stomacaux directs, mais malgré cela, je connais des récidivistes volontaires, surtout en ce qui concerne les écrevisses, dont la dégustation pour ces gourmets vaut bien une urticaire ! L'intervention savante du cobaye nous paraît superflue pour cette catégorie d'accidents bénins.

Mais il ne s'agit pas toujours de ces derniers et il en existe une autre catégorie qui peuvent présenter une grande gravité et même entraîner la mort, et, parmi ces derniers, encore, il existe plusieurs formes morbides bien distinctes.

En 1903, M. le professeur Raphaël Dubois a fait au

¹ *C. R. de la Société de Biologie*, 1913.

laboratoire de biologie de Tamaris-sur-Mer des recherches consignées dans un mémoire intitulé : *Sur les Accidents produits par l'ingestion de coquillages crus*¹. Ces accidents sont fréquents, en été, dans la région de Toulon et frappent surtout les personnes étrangères au pays et venues en villégiature du centre sur le littoral. Les coquillages autres que la moule : clovisses, praires, les provoquent aussi bien que la moule. Les symptômes observés ne ressemblent pas à ceux de la fièvre typhoïde, mais bien à ceux du choléra, dans la période aiguë, à laquelle succède parfois un état chronique caractérisé par une diarrhée séreuse persistante, qui affaiblit beaucoup les malades. Il s'agit d'un état infectieux causé par un microbe, qui a été caractérisé par M. le professeur Dubois : les antiseptiques intestinaux (en particulier l'iodoforme additionné de menthol) amènent une guérison assez rapide, ce qui prouve bien encore la nature infectieuse de ces accidents intestinaux auxquels M. Dubois a donné le nom de *conchylio entérite*.

Plus tard, en 1912, Remberger et Nouri, puis Defressine et Cazeneuve² ont trouvé dans les moules du parc de Brégaillon un vibron qu'ils qualifient de paracholérique, Il n'agglutine pas un choléra-sérum et ne donne pas le phénomène de Pfeiffer, ni la réaction du choléra-roth. Ce vibron paracholérique a été également signalé dans les eaux du Bosphore.

¹ *Rapports sur les travaux scientifiques subventionnés par la Caisse des recherches scientifiques*, 1904, publié en 1905 par le Ministère de l'Instruction publique.

² Sur la présence dans les moules d'un vibron paracholérique (*C. R. de la Société de Biologie*, 1912, p. 86).

Peut-être devient-il réellement cholérique sous l'influence de certaines causes telluriques ou cosmiques, pouvant non seulement modifier son activité, mais encore créer dans certaines localités un état de réceptivité nécessaire pour donner naissance à des foyers épidémiques localisés. Le professeur R. Dubois ne croit pas que le choléra soit contagieux : il appuie son opinion sur ces faits, d'une part, que plusieurs expérimentateurs ont vainement essayé de se donner le choléra soit en ingérant des excréments de cholériques, soit en les injectant dans le tissu cellulaire sous-cutané ; et, d'autre part, sur ce que des centaines de personnes fuyant le choléra, et dont plusieurs étaient atteintes de la « diarrhée prémonitoire », ont débarqué à Lyon au cours de plusieurs épidémies marseillaises, sans qu'on ait pu observer un seul cas de contamination dans le Rhône. Il se peut aussi que les cas de conchylioentérite, survenant surtout en été, soient des cas de choléra fruste de nature endémique.

On a vu à Marseille le choléra entrer en décroissance rapide et cesser complètement au moment où le mistral venait de remplacer le régime des vents régnants pendant l'épidémie. Il est bien difficile d'admettre que tous les microbes présumés infectieux aient été détruits radicalement en un si court espace de temps : ou bien ils ont perdu leur virulence ou, ce qui est infiniment plus probable, l'état de réceptivité avait cessé avec le changement des conditions cosmiques ou météorologiques ambiantes. C'est du moins l'opinion du professeur R. Dubois. Il a vu des cas de conchylioentérite qui avaient pris une tournure chronique, guérir spontanément par suite d'un retour vers

le centre du pays, de Toulon à Paris par exemple.

Et, selon notre maître, le meilleur remède, et peut-être le seul, contre le choléra, c'est la fuite.

On a accusé les moules de communiquer la fièvre typhoïde.

Ramarini signale ce danger en 1897, à propos de moules recueillies à Bastia dans des eaux contaminées. En 1905, le médecin de marine Pungier rapporte que huit matelots du « Dupleix », qui avaient mangé des moules crues provenant d'un même coffre situé près d'une bouche d'égout du port de Rochefort, peu avant le départ du bâtiment, avaient été atteints de fièvre typhoïde sauf un seul, qui eut cependant quelques accidents gastro-intestinaux. Aucun autre cas ne fut constaté à bord.

D'après le professeur R. Dubois, qui a eu en 1870-71 l'occasion d'observer chez de nombreux malades militaires du 71^e régiment de ligne, dans les hôpitaux civils et dans la pratique civile, il n'existe aucune démarcation nette entre le simple embarras gastrique, l'embarras gastrique fébrile, la fièvre dite « muqueuse » et la fièvre typhoïde confirmée avec ses diverses formes : cérébrales, thoraciques, etc.

La fièvre typhoïde débute toujours par de l'embarras gastrique, qu'un simple purgatif peut enrayer s'il est donné à temps. Mais sur les sujets fatigués surtout, l'état gastro-intestinal peut empirer. La muqueuse intestinale et surtout les plaques de Peyer, enflammées et ulcérées, laissent la porte ouverte aux microbes intestinaux. Ces derniers ont pris une virulence particulière (*Bacillus coli communis*), qui leur donne les propriétés et les réactions de l'Eberth. On peut alors les retrouver dans le sang.

En même temps, d'autres produits putrides, toxiques, scatol, indol, etc., ont pu être résorbés et donner naissance, pour leur compte, à des troubles généraux.

Toute cause provoquant un embarras gastrique grave, chez des sujets fatigués, peut devenir ainsi point de départ d'une fièvre typhoïde plus ou moins grave.

Cette théorie de l'étiologie de la fièvre typhoïde est due au professeur R. Dubois ; elle a été défendue par son élève, le Dr Roux, de Lyon, et par M. le professeur Rodet, de Montpellier, auxquels on ne doit pas en attribuer le mérite. Il ne serait donc pas surprenant que l'ingestion de moules ait pu agir en provoquant des troubles gastro-intestinaux, susceptibles d'ailleurs de prendre naissance sous d'autres influences.

Il résulte de nombreuses recherches du Professeur R. Dubois que jamais il n'a pu découvrir la présence du *Bacillus coli communis* ou du bacille d'Eberth dans les moules de la baie du Lazaret. D'après le professeur Calvet, on n'a signalé qu'une seule fois la présence de l'Eberth dans les huîtres. Nous ne croyons pas qu'il ait jamais été trouvé dans les moules.

Le professeur R. Dubois a signalé dans les moules des bacilles ayant de la ressemblance avec le *Bacillus coli communis*¹, mais présentant avec ce dernier des différences caractéristiques. Ce sont des *paracoli*. Il est fort possible que ceux-ci agissent sur le bacille d'Eberth — qui ne serait qu'un microbe intestinal normal de notre tube digestif ayant « mal tourné », suivant R. Dubois — comme le fait le véritable *Coli communis*.

¹ Loc. cit.

Dans son « Rapport sur la prétendue nocivité des huîtres », Giard écrivait en 1904¹ :

« La nocivité du bacille typhique est fortement diminuée, même en eaux douces, grâce à des causes de destruction multiples. »

Watelet² a démontré que même des cultures filtrées de *Bacillus coli* peuvent tuer rapidement le bacille typhique.

Plus récemment, Riesch³ a prouvé que le seul fait de son séjour dans l'eau affaiblit la vitalité du bacille d'Eberth.

Par conséquent, dans les eaux d'égout, sa virulence sera atténuée par l'action combinée de l'eau douce et du *B. coli*.

Dans les eaux marines, les causes de destruction du bacille d'Eberth sont triplées. Non seulement le bacille subit l'influence de l'eau, mais Giard a fait remarquer que pour les huîtres — et par conséquent également pour les moules — le flux et le reflux, les courants et la fréquence de leurs changements de direction agissent mécaniquement d'une façon tout à fait favorable à la purification. Il ne faut pas oublier, non plus, que l'influence exercée par les sels de la mer est une cause énergique de destruction du bacille. Tout le monde connaît les énergiques propriétés assainissantes des chlorures alcalins et surtout du chlorure de sodium. On l'emploie en tout lieu pour la conservation des viandes et du poisson. Son action bienfaisante sur les plaies est connue de tous. Enfin des travaux récents ont

¹ Voir *Journal Officiel*, 28 juillet 1904.

² *Annales de l'Institut Pasteur*, 1895, p. 252-257.

³ Bacille typhique et coli (*Marseille Médical*, 1^{er} et 15 septembre 1903 p. 35).

établi que le sérum sanguin lui devait en partie ses propriétés bactéricides. Il n'est donc pas étonnant que toute une pléiade de savants : Giaxa, Klein, Sabatier, Ducamp et Petit, Frankland et Ward, Herdmann et Bayu, Krauss aient reconnu que l'eau salée est un très mauvais milieu de culture pour les microbes. Le bacille d'Eberth, en particulier, ne se multiplie pas dans les eaux de mer et finit par disparaître au bout de peu de jours.

Frankland et Ward ont montré que même dans une solution artificielle à 3 pour 100 les bacilles disparaissent totalement vers le dix-huitième jour. Or l'eau de mer renferme 2,7 à 3 pour 100 de chlorure de sodium. Enfin des expériences de nombreux bactériologistes français et étrangers, expériences qui ont été contrôlées par le professeur Giard chez les huîtres, prouvent que si la contamination n'est pas entretenue par l'apport continu de nouveaux bacilles, les phagocytes des mollusques ont éliminé au bout de vingt-quatre heures tout germe typhique.

Enfin, il convient d'insister sur un argument qui ne pouvait pas être invoqué pour la défense de l'huître qui est consommée crue, mais qui a une très grosse importance pour celle de la moule, c'est que cette dernière n'est consommée crue que très exceptionnellement et dans des régions très limitées du littoral provençal. Partout ailleurs on la fait cuire avant de la consommer et les conditions dans lesquelles s'effectuent cette cuisson ne sont pas indifférentes au point de vue antiseptique, bactéricide. D'après le professeur R. Dubois, chauffer l'eau de mer à 100 degrés équivaut à une stérilisation dans l'eau ordinaire à 120 degrés. Or non seulement l'eau contenue dans les moules renferme

une forte proportion de sel marin et d'autres composés salins minéraux, mais on y ajoute, en général, de nombreux condiments, qui eux-mêmes sont des antiseptiques.

Si donc il est survenu des accidents à la suite de la consommation des moules ayant subi les opérations culinaires accoutumées : cuisson, condimentation, etc., ce n'est pas à des microbes qu'il convient de les attribuer, car ils sont toujours intégralement détruits dans ces conditions, ainsi que s'en est assuré expérimentalement le professeur R. Dubois.

A quoi donc alors attribuer les accidents graves, mortels parfois, quoique d'une rareté excessive, mais indéniables, qui ont été observés ?

Nous avons montré qu'il fallait éliminer les accidents bénins, que l'on a attribués à une anaphylaxie hypothétique et peu vraisemblable par un poison contenu normalement dans la moule saine et qui aurait le privilège de n'agir que sur certains sujets prédisposés par une anaphylaxie préalable, ancestrale, héréditaire sans doute, pour ceux qui en sont victimes pour la première fois !

L'infection microbienne devant également être écartée pour les moules cuites et cuisinées, que reste-t-il pour expliquer les accidents graves dysentériques ou cholériques, et surtout à forme paralytique ?

Ces derniers ont été signalés une dizaine de fois depuis 1793. Un cas récent en a été signalé par Netter et Ribadeau-Dumas, qui en ont donné la relation suivante¹ :

¹ Accidents toxiques à forme paralytique dus à l'ingestion des moules (*C. R. de la Société de Biologie*, 13 juillet 1907).

Le jeudi 23 mai 1907, treize personnes de deux villages voisins mangeaient des moules recueillies sur une bouée du bassin Carnot, à Calais. Les moules étaient fraîches, elles ont été mangées cuites et avaient bon goût. Trois ou quatre heures après le repas, c'est-à-dire vers 23 ou 24 heures, toutes les personnes qui avaient mangé de ces moules se réveillent en proie à un malaise extrême avec vertige, douleurs de ventre violentes et envies de vomir. Celles qui vomissent rapidement et abondamment se remettent et ne ressentent les jours suivants qu'une grande fatigue. Sept sont plus gravement atteintes et deux meurent au bout de trois à quatre heures.

Dans les cas graves, on relève particulièrement des troubles musculaires. Au début, le malade est pris d'un besoin de se bouger avec une légèreté anormale des membres. Les mouvements rappellent ceux d'un homme ivre. Les troubles portent sur tous les muscles et notamment ceux des lèvres et des joues. Après cette phase de durée assez courte apparaissent les phénomènes paralytiques. Les malades conservent la connaissance jusqu'au bout, se plaignent d'une fatigue indicible. Aucun n'a présenté de diarrhée, ni d'éruptions. Le 26, la plupart des malades, dont trois très fatigués, et ayant peine à mouvoir les jambes, présentaient des secousses tout à fait particulières des muscles, au moment où on les faisait asseoir.

D'après les auteurs de cette note, il s'agit bien d'accidents produits par les moules. En effet, des poules, un chat, des lapins, des cobayes, des souris, des grenouilles auxquels on fit ingérer des moules du bassin Carnot, ou qui

reçurent du suc de ces moules dans le sang veineux moururent tous au milieu de phénomènes paralytiques rappelant l'intoxication par le curare. Ce n'est pas en apportant un agent infectieux qu'agit le mollusque : l'ensemencement de l'urine et l'examen bactériologique du sang des malades n'ont fourni que des résultats négatifs, aussi bien que l'examen de la bile et du suc gastrique du chat mort. Il s'agit donc bien d'une intoxication. Cette intoxication ne peut être attribuée à des ptomaines puisque les moules avaient été consommées fraîches, le jour même de leur récolte, aussi bien pour les malades que par les différents animaux ayant servi aux expériences. La substance toxique résiste à la cuisson. L'extrait de foie a été trouvé plus toxique que celui de toute autre partie de la moule ; d'ailleurs le foie était très développé, friable plus qu'à l'ordinaire, d'une couleur plus foncée qu'à l'état normal.

Cette remarque avait été faite déjà par Coldstream, en 1827, et aussi par Wolf, en 1885, à l'occasion des empoisonnements des ouvriers de Wilhelmshaven. Brieger et Schmidtman ont retiré de ces moules une substance toxique qu'ils ont appelé « mytilotoxine » et qu'il ne faut pas confondre avec celle à laquelle Ch. Richet a donné plus tard le même nom et qu'il considère comme physiologique.

Dans les cas dont nous venons de parler, il s'agirait d'une maladie de la moule et cette maladie serait assez passagère puisque les auteurs précités ont vu que la toxicité disparaissait rapidement par la stabulation et que MM. Netter et Ribadeau-Dumas ont montré que la toxicité des moules du bassin Carnot, constatée le 13 mai, n'existait

déjà plus le 20 juillet. S'agissait-il de moules saines dont les organes emmagasinent des poisons dissous dans l'eau? Thesen a constaté que dans les eaux additionnées de strychnine et de curare les moules absorbaient et retenaient le poison dans leur foie. Elles sont donc capables de retenir des poisons dangereux pour l'homme. Mais où les prendraient-elles en temps ordinaire? Dans des eaux souillées par des détritux en putréfaction? Mais, il est remarquable, d'après MM. Netter et Ribadeau-Dumas, de constater que les moules provenant de parties aussi souillées que celles d'où venaient les moules virulentes se sont montrées dépourvues de toute virulence. Mieux même, ajoutent ces auteurs, dans un empoisonnement par des moules, produit pendant l'expédition de Vancouver, les causes de souillure étaient à peu près nulles. « Les altérations du foie constatées, chez les moules virulentes, plaideraient plutôt en faveur d'une maladie du mollusque dont la cause demeure inconnue.

Il est généralement admis que les huîtres sont impropres à la consommation et peuvent même causer des accidents pendant les mois sans *r* : mai, juin, juillet, août, et c'est souvent pendant cette période que surviennent les accidents qu'elles produisent. Il ne semble pas qu'il en soit ainsi pour le *Mytilus galloprovincialis*, surtout consommé cuit.

Il y a encore des recherches à effectuer dans cette direction : la guerre et notre engagement dans la marine militaire nous ont empêché de donner suite à toutes celles que nous avons commencées sur les conseils de notre maître, M. R. Dubois. Nous avons pu seulement remplir une partie du programme adopté.

Dans les cas mentionnés ci-dessus, où les accidents étaient dus à des moules fraîches et cuites, il paraît bien s'agir de toxines, plus spécialement de toxoprotéines pathologiques, résistant à la température de la cuisson ; mais on a pu se demander, dans d'autres cas, si un séjour trop prolongé hors de l'eau, surtout avec une température extérieure élevée, n'a pas pu donner lieu, soit à la formation de leucomaines, soit encore à la production de ptomaines résultant de la mort de l'animal.

A partir du moment où la moule est retirée de l'eau par le mytiliculteur, ou par le pêcheur, jusqu'à celui où elle parvient au consommateur, il s'écoule parfois un temps assez long pendant lequel l'animal est en état d'asphyxie, faute de renouvellement de l'eau.

Il peut en résulter soit un état maladif, soit aussi la mort ; c'est-à-dire des leucomaines dans le premier cas et des ptomaines dans le second.

Les ptomaines des mollusques constituent des poisons dangereux, comme l'ont montré divers expérimentateurs et, en particulier, le professeur Echner de Coninck, de Montpellier : il faut donc rejeter avec le plus grand soin les moules mortes. On les reconnaît facilement d'ordinaire à ce que les valves de la coquille sont entre-bâillées et qu'elle est vide d'eau. Pourtant, elle peut perdre son eau sans s'ouvrir. Dans ce cas la moule est d'une légèreté exceptionnelle, flotte sur l'eau et sonne le creux. Toutefois, dans certaines conditions et quand la mort est récente, on ne peut constater la mort du mollusque qu'en excitant mécaniquement le bord du manteau qui se rétracte si la vie existe encore. Mais on conçoit qu'une semblable épreuve

ne peut être faite sur chaque sujet et, de cette façon, la personne chargée de les préparer peut laisser passer des animaux morts. Enfin, il était utile de rechercher si le séjour prolongé en dehors de l'eau ne pouvait pas communiquer à des moules encore vivantes des propriétés nocives. A cet effet, nous avons prélevé de jour en jour, sur un lot de moules retirées de l'eau, 100 grammes de pulpe. Cette pulpe, lavée soigneusement à l'eau distillée, égouttée pendant une demi-heure, broyée finement avec du sable de grès bien propre, était ensuite additionnée de son poids d'eau distillée. Au bout d'une heure de macération, on pressait et filtrait.

Le liquide recueilli a été injecté à des cobayes, en injection sous-cutanée, et à la dose de 1 centimètre cube par 100 grammes d'animal. L'extrait de pulpe ayant été dilué par quantité égale d'eau distillée, ce chiffre correspond à l'ingestion de 300 grammes de pulpe de moules pour un adulte de taille moyenne, du poids de 60 kilogrammes par exemple.

Ceci posé, nous n'avons pas obtenu d'accidents avec des moules de un, deux, trois, quatre et cinq jours.

Avec des moules retirées de l'eau depuis six jours nous avons vu, au contraire, la mort survenir chez nos cobayes une première fois au bout de soixante-six heures, une deuxième fois au bout de cent quarante heures. Mais il faut noter que dans le premier essai il s'agissait d'un cobaye femelle qui a avorté avant de mourir, dans le deuxième d'un cobaye mâle.

Les accidents observés avant la mort ont été les suivants : cobayes sans réactions anormales pendant les

premières vingt-quatre heures. Au bout du deuxième ou troisième jour l'animal devient visiblement souffrant, avec tendance à l'immobilité, refuse toute nourriture. En même temps l'on observe une légère diarrhée. L'animal finit par se coucher sur le flanc et meurt, après avoir présenté des frissons, au milieu d'une agonie marquée par des gémissements continuels. A l'autopsie, rien aux poumons ni au cœur. Grosse vésicule biliaire avec reflux bilieux dans l'œsophage. Muqueuse stomacale, intestin grêle et reins plus ou moins congestionnés.

Avec des moules de sept jours (toujours vivantes) nous avons constaté les mêmes faits, sauf que la mort des cobayes est plus rapide et survient au bout de quarante-huit heures environ.

En résumé, l'extrait aqueux de pulpe de moule ne semble devenir franchement toxique qu'à la fin du cinquième jour d'émersion et la toxicité augmente jusqu'au septième. A ce moment, les dernières moules, qui ont résisté, meurent malgré toutes les précautions que l'on ait pu prendre.

Ces premières expériences ont été faites en avril sur *Mytilus galloprovincialis*. Nous les avons répétées en été et elles nous ont donné les mêmes résultats; mais à cette époque de l'année il est impossible de conserver des moules vivantes hors de l'eau au delà du sixième jour.

Ajoutons que nous avons pu faire ingérer à maintes reprises par un chien de 10 kilogrammes, 100 à 150 grammes de pulpe de moule de six et sept jours, mélangée à ses aliments, sans que nous ayons constaté autre chose que des vomissements inconstants. Enfin, nous avons nous-mêmes ingéré 150 grammes de pulpe de

quatre jours sans être incommodé. Il semble donc que l'ingestion soit beaucoup moins dangereuse qu'une injection sous-cutanée.

2° Les mêmes expériences ont été répétées avec l'eau contenue entre les valves de moules émergées.

Les cobayes injectés avec l'eau de moules de six jours (1 centimètre cube par 100 grammes d'animal) sont morts en trente-six heures. D'autres injectés avec l'eau de moules de sept jours (2 centimètres cubes par 100 grammes d'animal) sont morts en soixante-dix heures. Les symptômes précédant la mort et les résultats de l'autopsie ont été les mêmes que précédemment.

L'eau des moules émergées depuis plus de cinq jours est donc toxique, tout comme l'extrait aqueux lui-même de la pulpe, bien qu'à un degré moindre cependant.

3° Il nous a paru intéressant de rechercher la cause de cette toxicité des moules émergées depuis un certain temps. Est-elle due à la formation de leucomaines, au développement de microbes toxiques ? Après nous être assuré que l'injection sous-cutanée de 1 centigramme de fluorure de sodium ne provoquait pas d'accidents sur le cobaye, nous avons répété toute notre série d'expériences en additionnant d'une part l'extrait de pulpe et d'autre part l'eau des moules de quelques gouttes d'une solution de fluorure de sodium à 1 pour 100. S'il s'agissait de microbes devenus toxiques leur action aurait dû se trouver éliminée par l'action préalable d'un antiseptique. Or il n'en a rien été, ce qui semble indiquer l'action d'une véritable toxine. Cependant l'extrait aqueux de l'eau des moules de six et sept jours, porté pendant une ou deux minutes à l'ébul-

lition, ne provoque plus d'accident chez le cobaye aux doses où nous l'avons injecté.

En résumé, le pouvoir toxique des moules en état d'asphyxie est restreint et il est supprimé par la cuisson.

Nous avons terminé, dans la mesure où il nous a été possible de le faire, la double tâche que nous nous étions assignée et que précise suffisamment le titre de ce travail. Par une étude, minutieuse et suivie, nous avons pu établir les conditions biologiques qui sont les plus favorables au développement de la moule; au point de vue pratique, les mytiliculteurs, croyons-nous, pourront trouver des renseignements utiles dans ces pages, résumé de nombreuses recherches poursuivies avec le souci d'un déterminisme rigoureux. Nous n'avons pas cru que c'était abaisser la science que de montrer les services qu'elle est capable de rendre dans le domaine des applications.

D'autre part, nous avons maintenu à la science pure la place qui lui est due, notamment dans les chapitres consacrés aux réserves et aux contingences qui les conditionnent, et à la toxicité des moules. Nous serons satisfait si notre travail, indépendamment des faits nouveaux qu'il apporte pour la connaissance de la physiologie de la moule, peut rendre des services permettant le développement d'une branche non négligeable de notre prospérité nationale.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	1
INTRODUCTION	5
CHAPITRE PREMIER. — Physiologie résumée de la moule.	11
Fonctions de nutrition	11
Fonctions de relation	43
Fonctions de génération	50
Fonctions de protection	53
CHAPITRE II. — Le glycogène et ses variations	57
Variations du glycogène	68
CHAPITRE III. — Le sucre et ses variations	57
Sucre libre.	98
Variations du glucose	100
Sucres combinés	104
CHAPITRE IV. — Les graisses et leur variation	110
CHAPITRE V. — Conclusions générales sur les réserves, engrais- sement de la moule	122
CHAPITRE VI. — Les ferments de la moule ; métabolisme des réserves	144
CHAPITRE VII. — Développement de la moule. Maladies de la moule	156
CHAPITRE VIII. — Etude critique des procédés mytilioles actuels.	199
CHAPITRE IX. — Le commerce de la moule en France.	239
CHAPITRE X. — Question de la toxicité des moules	250

SECONDE THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

GÉOLOGIE. — *Les formations tertiaires, particulièrement à l'époque éocène, dans le bassin de Paris.*

BOTANIQUE. — *Les leucites, vacuolides et mitochondries.*

Lu et accepté :

Les Membres du Jury :

R. DUBOIS.

J. RAY.

A. RICHE.

Vu et approuvé :

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE LYON,

C. DEPÉRET.

Vu et permis d'imprimer :

Lyon, le 9 juin 1916.

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,

P. JOUBIN.

